

REVISTA **TÉCNICA**

5ª EDICIÓN - ABRIL 2014

I N S T I T U T O G E O G R Á F I C O M I L I T A R



La calidad, nuestro estilo de vida.

I N S T I T U T O
Geográfico Militar



IQNet and
ICONTEC
hereby certify that the organization
INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR
Seniergues E4-676 y Gral. T. Paz y Miño Quito, Pichincha, Ecuador

for the following field of activities:

Prestación de servicios técnicos: Investigación científica y normalización cartográfica. Fotografía aérea, geodesia y cartografía básica oficial. Infraestructura de datos espaciales (IDE), bases de datos, aplicaciones y estudios geográficos. Seguridad documentaria en especies impresas y documentos inteligentes. Transferencia de conocimiento (Centro cultural). Procesos de asesoría interna y soporte. En los ámbitos de la defensa, seguridad y desarrollo nacional

Provision of technical services: Scientific research and cartographic standardization. Aerial photography, geodesy and official basic cartography. Spatial data infrastructure (SDI). Geographys databases, applications and studies. Security documentary on official, smart and printed documents. Transfer of knowledge (Cultural center). Advisory and support internal processes. In fields of defense, security and national development

has implemented and maintains a

Quality Management System

which fulfills the requirements of the following standard

ISO 9001:2008

Issued on: 2012 11 21
Validity date: 2015 11 20

Registration Number: **CO-SC-CER215914**



Michael Drechsel
President of IQNet

Maria Zulema Vélez Jara
Executive Director of ICONTEC

IQNET PARTNERS:
ALEXANDRIA, AUSTRIA, BELGIUM, BRAZIL, CANADA, CHINA, COLOMBIA, CUBA, DENMARK, FINLAND, FRANCE, GERMANY, GREECE, HONG KONG, HUNGARY, INDIA, ITALY, JAPAN, KOREA, KUWAIT, LITHUANIA, MALAYSIA, MEXICO, NETHERLANDS, NORWAY, POLAND, PORTUGAL, ROMANIA, RUSSIA, SLOVAKIA, SLOVENIA, SPAIN, SWEDEN, SWITZERLAND, THAILAND, UNITED KINGDOM, USA, VIETNAM



ICONTEC Certifica que el Sistema de Gestión:
ICONTEC Certifies that the Management System of:

INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR
Seniergues E4-676 y Gral. T. Paz y Miño Quito, Pichincha, Ecuador

Ha sido evaluado y aprobado con respecto a los requisitos especificados en:
Has been assessed and approved based on the specified requirements of:

ISO 9001:2008

Este Certificado es aplicable a las siguientes actividades:
This certificate is applicable to the following activities:

Prestación de servicios técnicos: Investigación científica y normalización cartográfica. Fotografía aérea, geodesia y cartografía básica oficial. Infraestructura de datos espaciales (IDE), bases de datos, aplicaciones y estudios geográficos. Seguridad documentaria en especies impresas y documentos inteligentes. Transferencia de conocimiento (Centro cultural). Procesos de asesoría interna y soporte. En los ámbitos de la defensa, seguridad y desarrollo nacional

Provision of technical services: Scientific research and cartographic standardization. Aerial photography, geodesy and official basic cartography. Spatial data infrastructure (SDI). Geographys databases, applications and studies. Security documentary on official, smart and printed documents. Transfer of knowledge (Cultural center). Advisory and support internal processes. In fields of defense, security and national development

Esta aprobación está sujeta a que el sistema de gestión se mantenga de acuerdo con los requisitos especificados, lo cual será verificado por ICONTEC
This approval is subject to the maintenance of the management system according to the specified requirements, which will be verified by ICONTEC

Certificado: **SC-CER215914**
Certificate

Fecha de Aprobación: 2012 11 21
Approval Date:
Fecha de Vencimiento: 2015 11 20
Expiration Date

Fecha Última Modificación: 2013 11 15
Last Modification Date



Maria Zulema Vélez Jara
Directora Ejecutiva
Executive Director

El Instituto Geográfico Militar en cumplimiento a su misión de generar y regular la información y bases de datos Cartográfica, Geográfica del país, obtuvo la certificación ISO 9001:2008.

De esta manera se verá reforzada la confianza de nuestros usuarios actuales y potenciales, ya que las normas Internacionales ISO 9001 garantizan que los productos y servicios cartográficos, geográficos, seguridad documentaria y transferencia de conocimiento; sean generados con procesos seguros, confiables y con alta calidad técnica, aprovechando al máximo los recursos materiales y de talento humano, aumentando la productividad del IGM.



INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR





El Instituto Geográfico Militar alineado a las políticas de la seguridad y defensa y consecuente con su responsabilidad orientada a la investigación y generación cartográfica, geográfica y seguridad documentaria en apoyo a la planificación y desarrollo del país, al cumplir 86 años de creación institucional, realiza esta publicación técnica – geográfica, como un medio de difusión de investigaciones y trabajos aplicativos que realizan sus profesionales y técnicos en las ciencias geoespaciales, mediante la difusión de trabajos, fruto de la aplicación óptima de los adelantos de la ciencia y tecnología implementados en nuestra institución, informes inéditos o avances de investigación que están relacionados con nuevos procesos y conocimientos implantados en la toma de fotografía aérea digital, red de monitoreo continuo con la red GNSS del Ecuador, restitución aerofotogramétrica y de temática geográfica en general. Además con esta acción se facilita la comunicación con profesionales de otras instituciones, compartiendo experiencias, métodos, conclusiones y otros, que permitan un mejor conocimiento y organización espacial en términos racionales, para su posterior uso con investigadores, docentes, estudiantes en las Universidades con Carreras o Departamentos de investigación.

El proceso de selección de las temáticas en esta publicación, nos ha permitido establecer relaciones entre diversas entidades, que en conjunto constituyen la visión e imagen de un Estado progresista en la ciencia, en la que se utiliza como herramienta fundamental la simplicidad, con la cual se pretende aumentar su comprensión.

Por lo que antecede, los contenidos de la presente edición, manifiestan variedad en cuanto al enfoque teórico y práctico, proporcionando descripciones resumidas de estudios y aplicaciones técnico-profesionales en el campo geodésico, cartográfico y temático, que construyen hipótesis sólidas corroboradas en la práctica con metodologías para el análisis. De igual manera realza los esfuerzos que este Instituto realiza en el campo del Sistema de Seguridad Documentaria.

El Instituto Geográfico Militar se destaca en ámbito de la cartografía por el perseverante trabajo que viene desplegando, sustento del edificio de la geoinformación para la sabia toma de decisiones y aporte a la construcción efectiva de la Sociedad del Buen Vivir.

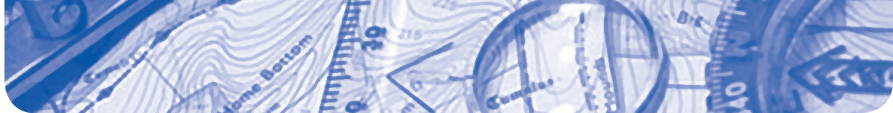
“Unidos por la ciencia y el espíritu para el progreso del Ecuador”.



IGM en la Antártica.



Vista Panorámica IGM.

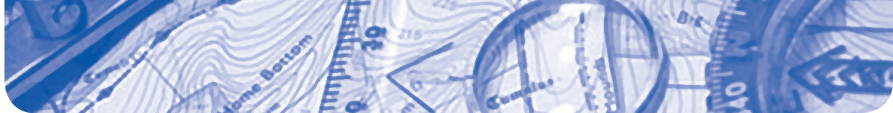


ÍNDICE

La nueva matriz de competencias del IGM: Hacia los componentes de investigación, innovación y desarrollo nacional.	8
El proceso de Revisión Cartográfica, su importancia.	11
Procesamiento Científico Ecuatoriano de Datos GPS generados por Estaciones Permanentes ubicadas en países de la Región SIRGAS.	16
Desarrollo de una Metodología para la Transformación de Sistemas de Referencia.	26
Estimación del contenido de vapor de agua precipitable a partir de observaciones GNSS.	31
Fotografía Aérea Métrica de la Antártica, obtenida a partir del empleo de un avión aéreo No tripulado cartográfico – U.A.V, en la Isla Greenwich - Punta Fort Williams – Estación Científica “Pedro Vicente Maldonado”.	37
Cifras e Impacto de la Infraestructura de Datos Espaciales del Instituto Geográfico Militar a nivel nacional y regional.	43
El Geoportal del Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas, un referente nacional en el acceso a la información geográfica para la Seguridad y Defensa del Ecuador.	49
Uso de Sensores Lidar Aerotransportados para estimación de parámetros forestales y generación de Cartografía Temática para Estudios Forestales y Ecológicos.	55
Metodología para el posproceso y la edición de Datos Lidar.	69
Catastro de bienes del Estado, una metodología innovadora para su levantamiento a través de desarrollo de software.	75
Hacienda La Clementina, levantamiento de Información Básica y Temática como insumo para Procesos de Planificación Territorial.	80
Un software libre para experimentar con las matemáticas y una muestra con geodesia y cartografía.	85
La experiencia de los MOOCs en el I.G.M.	93
El Desarrollo de Aplicaciones en Documentos Inteligentes (Smartcards), expertiz en el IGM, único en el Ecuador.	104
Avance en la Seguridad Documentaria, en contra de actos fraudulentos.	109
La Comunicación Social, su importancia como herramienta innovadora en la Transferencia de Conocimiento Tecnológico y Científico.	112



Plaza Pedro Vicente Maldonado - IGM



La nueva matriz de competencias del IGM: Hacia los componentes de investigación, innovación y desarrollo nacional

Eco. Andrea Mesías, MPDE • andrea.mesias@mail.igm.gob.ec
Ing. Pablo Panchi, MGCP • pablo.panchi@mail.igm.gob.ec
Planificación y Desarrollo Institucional

Resumen

A partir del año 2011, con la adscripción del Instituto Geográfico Militar al Ministerio de Defensa Nacional, se inició el proceso de reestructuración institucional bajo los lineamientos y acompañamiento de nuestro ente rector, siendo su objetivo que el accionar institucional se consolide e innove como instituto público de investigación en apoyo a la seguridad, defensa y desarrollo del país.

En marzo de 2014, se concluye este proceso y se emite el dictamen favorable a la matriz de competencias del Instituto Geográfico Militar, insumo inicial para continuar con el modelo de reestructuración que considera la elaboración y aprobación, de la Secretaría Nacional de la Administración Pública, Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo y Ministerio de Relaciones Laborales; que contempla lo siguiente: Planificación de la organización institucional, Gobierno por resultados, Gestión de planes, programas y proyectos, Gestión de procesos, Gestión y optimización del talento humano; y, Herramientas complementarias.

Abstract

From the year 2011, with the adscription of the Instituto Geográfico Militar to the Ministerio de Defensa Nacional, began the institutional restructuring process under the guidelines and accompaniment of our governing entity, the aim being to consolidate institutional activities and innovate as a public institute research in support of safety, defense and development of the country.

In March 2014, this process is concluded and the favorable opinion is given to the skills matrix of the Instituto Geográfico Militar. This is the initial input to continue the restructuring model that considers the development and approval of the Secretaría Nacional de la Administración Pública, SENPLADES and Ministerio de Relaciones Laborales; that contemplates the following deliverables: Planning institutional organization, Gobierno por Resultados (GPR), management of plans, programs and projects, management processes, management and optimization of human talent; and complementary tools.

Introducción

La creación del Instituto Geográfico Militar data de hace 86 años, cuando se instituyó como “Servicio Geográfico Militar”, mediante Decreto Ejecutivo 163, con carácter de dependencia oficial del Estado. En 1947 se elevó a la categoría de Instituto con Decreto Presidencial 1578 del 15 de agosto de dicho año.

El accionar del IGM se encuentra amparado en la Ley de la Cartografía Nacional promulgada por Decreto Supremo 2686-B del 4 de agosto de 1978, publicada en el Registro Oficial 643 y el Decreto 014 con su Reglamento para la Emisión de Especies Valoradas publicado en el Registro Oficial 92 del 27 de marzo de 1967.

Contenido

Marco legal

La Constitución de la República del Ecuador al buscar “una nueva forma de convivencia ciudadana, en diversidad y armonía con la

naturaleza, para alcanzar el buen vivir, el sumak kawsay”; estableció que el sistema nacional de ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales, comprende programas, políticas, recursos, acciones e incluye a los institutos de investigación públicos en la realización de actividades de investigación, desarrollo tecnológico, e innovación.

Con la finalidad de consolidar el sistema de nacional de ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales se establece el Decreto Ejecutivo 109 publicado en Registro Oficial 58 del 30 de octubre de 2009, en el que se define a un Instituto como: “Organismo público, adscrito a un Ministerio Sectorial o Secretaría Nacional creado para el ejercicio y la ejecución de actividades especializadas, preferentemente en las áreas de investigación, promoción, normalización, ciencia y tecnología.”

El 22 de noviembre de 2011, el Instituto Geográfico Militar se adscribe al Ministerio de Defensa Nacional (MIDENA), mediante el Decreto 940 publicado en el Registro Oficial 581.

Posteriormente, la Subsecretaría de Apoyo al Desarrollo del MIDENA estableció las políticas y mecanismos para la reestructuración del IGM hacia su nuevo rol que incluye el fortalecimiento de la investigación de la geoinformación del espacio terrestre ecuatoriano, desarrollo tecnológico y transferencia del conocimiento.

Metodología

Desde inicios del año 2012, el Ministerio de Defensa Nacional, ha venido trabajando, con señores oficiales y servidores públicos designados del Instituto Geográfico Militar, en temas relacionados con la reestructura institucional, a través de la elaboración de distintas versiones de la matriz de competencias y modelo de gestión, las cuales estuvieron en función de la aprobación de la SENESCYT y SENPLADES.

A partir de la emisión del Decreto 106 publicado en el Registro Oficial 91 del 30 de septiembre de 2013, en el artículo 4 establece que: “En los procesos de diseño, rediseño e implementación de estructuras organizacionales de las instituciones

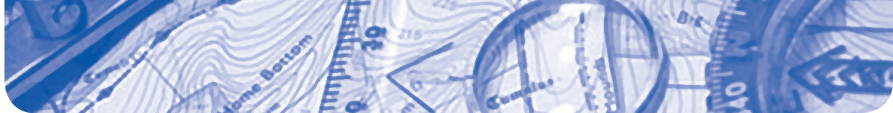
de la Administración Pública Central, Institucional y que dependen de la Función Ejecutiva, la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo aprobará la matriz de competencias institucional, la Secretaría Nacional de la Administración Pública (SNAP) aprobará el modelo de gestión, estatuto orgánico y las estructuras institucionales y, el Ministerio de Relaciones Laborales (MRL) determinará las escalas remunerativas.”

En marzo de 2014, la SENPLADES emite el dictamen favorable a la matriz de competencias del IGM, según lo indicado por el MIDENA; con lo cual, inicia el proceso para elaborar el modelo de gestión, estatuto orgánico, estructuras institucionales y escalas remunerativas. Para ello, el MIDENA dará el acompañamiento y direccionamiento al equipo interno que trabajará en los entregables antes mencionados.

Resultados

A continuación se presenta el extracto de la matriz de competencias aprobada por la SENPLADES:

Competencia	Productos / Servicios
GESTIÓN DE INVESTIGACIÓN GEOGRÁFICA	Estudio / propuesta metodológica / prototipo geográfico en el ámbito terrestre
	Estudio de cartografía de frontera para apoyo al desarrollo
	Memorias de mediciones de las estaciones geodésicas terrestres
	Memorias de mediciones gravimétricas
	Memorias de mediciones altimétricas terrestres
	Informe de caracterización de los parámetros toponímicos
	Nomenclátor de nombres geográficos y parámetros toponímicos
	Informe de análisis de las características físicas del espacio terrestre
	Informe de vuelo aerofotogramétrico
	Imágenes y parámetros de captura
	Informe de análisis de características topográficas
	Modelos de datos cartográficos terrestres (diccionario de datos, catálogo de objetos, relaciones espaciales)
	Memoria técnica/informe/artículo de potencialidades tecnológicas en el ámbito geográfico terrestre
	Memoria técnica/informe/artículo del modelo para la generalización cartográfica terrestre
	Memoria técnica/informe/artículo del modelo para análisis multivariable en el ámbito geográfico terrestre
	Memoria/informe de la exploración e investigación de caracterización de las variables en el ámbito geográfico terrestre
	Informe sobre el análisis del marco teórico de técnicas en el ámbito geográfico terrestre
GESTIÓN DE DATOS	Base de datos de coordenadas horizontales
	Base de datos de altimetría
	Base de datos de gravimetría
	Modelo geoidal simulado
	Memoria de simulación del modelo geoidal
	Modelo de sistema de alturas (gravimetría y nivelación)
	Base de datos de nombres geográficos
	Informe de evaluación de las imágenes y/o datos de la superficie terrestre
	Base de datos de imágenes de la superficie terrestre
	Informe de los puntos de apoyo fotogramétrico
	Base de datos de apoyo fotogramétrico
	Informe del bloque aerotriangulado en el ámbito terrestre
	Modelos de la base de datos multiescala en el ámbito terrestre
	Prototipo de componentes de IDE
	Modelo validado de generalización cartográfica terrestre
	Base de datos de variables en el ámbito de la geografía descriptiva
	Modelo validado de variables en el ámbito de la geografía descriptiva
DESARROLLO DE APLICACIÓN DE MODELOS	Archivo histórico analógico de la información cartográfica terrestre histórica del país
	Base de datos de información cartográfica terrestre histórica del país
	Reporte de monitoreo y control de estaciones REGME
	Sistema de Referencia Geodésico en el ámbito terrestre
	Modelo numérico de la superficie terrestre
	Ortofoto, ortofotomapas terrestres
	Fotoíndices digitales y mosaicos georeferenciados
	Base de datos geográfica - cartográfica continua
	Cartas topográficas / Cartografía de pronta respuesta
	Geoservicios
	Geoportal
	Informes técnicos sobre amenazas de origen naturales y antrópicos en el ámbito terrestre
	Modelos predictivos sobre amenazas de origen naturales y antrópicos en el ámbito terrestre
	Informes de incidencia sobre amenazas de origen naturales y antrópicos en el ámbito terrestre
	Estudios y mapas geográficos terrestres para la divulgación
	Estudios de variación multitemporal de combinación temática en el ámbito terrestre
	Modelos temáticos terrestres
	Modelos y simulaciones multitemporales de los recursos estratégicos en el ámbito terrestre
	Informes técnicos de supervisión y validación
	Propuestas de proyecto de normalización de cartografía multiescala (resolución espacial)



TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA	Memorias técnicas geográficas y cartográficas en el ámbito terrestre
	Publicaciones científicas
	Talleres y seminarios
	Informes técnicos de asesoría y asistencia técnica
	Recursos de difusión del conocimiento
	Solicitud de patentes y derechos de autor
	Propuesta técnica de manejo territorial interno y geopolíticas
	Documentos con las posiciones nacionales y de discusión para los foros relacionados a la geoinformación en el ámbito terrestre
	Informe técnico de las resoluciones y medidas adoptadas con relación a las ponencias presentadas
	Documentos técnico-científico en el ámbito de la geoinformación terrestre con otros organismos nacionales e internacionales
GESTIÓN DE GEOINFORMACIÓN PARA LA SEGURIDAD Y DEFENSA	Investigación geográfica para la seguridad y defensa en el ámbito terrestre
	Informe de Interpretación de imágenes para apoyo a la planificación de Operaciones Militares en el ámbito terrestre
	Ortofotos / Mosaicos para planificación de Operaciones Militares en el ámbito terrestre
	Modelos digitales del terreno en zonas de operaciones militares específicas en el ámbito terrestre
	Cartografía temática militar de pronta respuesta en el ámbito terrestre
	Cartografía de precisión para aplicaciones militares en el ámbito terrestre
	Base de datos geográfica - cartográfica militar
	Mapas, modelos, simulaciones, análisis estadísticos para la seguridad y defensa
	Informes/análisis/memorias de ejecución de asesoría y asistencia técnica geográficas para la seguridad y defensa
	Propuesta de IDE para la seguridad y defensa
	Modelo conceptual, modelo lógico y físico
	Propuesta técnica de sistema con los componentes IDES
	Informe técnico - militar de fronteras en el ámbito terrestre
	Protocolos para el monitoreo de hitos y límites de frontera en el ámbito terrestre
	Cartografía militar de frontera binacional en el ámbito terrestre
DESARROLLO TECNOLÓGICO	Reportes técnicos de los fenómenos naturales y antrópicos para la seguridad y defensa en el ámbito terrestre
	Prototipos de herramientas tecnológicas para la gestión de geoinformación
	Prototipo de aplicativo SIG para la seguridad y defensa
	Especificaciones técnicas para documentos de seguridad
	Diseño / prototipo y aplicación de elementos de seguridad para documentos
	Informes técnicos reservados sobre aplicaciones de seguridad
	Informe de laboratorio de validación de especificaciones técnicas de insumos
	Informe de laboratorio de validación de especificaciones técnicas de documentos de seguridad
	Software para microprocesadores en documentos inteligentes (smartcard)
	Aplicaciones tecnológicas operativas para documentos de seguridad
	Documentos de seguridad

Proyecciones

Según lo que establece el Acuerdo 996 de la SNAP publicado en el Registro Oficial 599 del 19 de diciembre de 2011, se detallan los componentes del Modelo de Reestructuración:

- Planificación de la organización institucional.
- Gobierno por resultados.
- Gestión de planes, programas y proyectos.
- Gestión de procesos.
- Gestión y optimización del talento humano por reestructuración.
- Herramientas complementarias al Modelo de Reestructuración.

Conclusiones y/o Recomendaciones

Conclusión

La matriz de competencias del IGM aprobada por la SENPLADES, que fue elaborada de forma conjunta con el MIDENA y bajo sus directrices, marca el inicio del nuevo rumbo institucional que busca consolidar e innovar su accionar como instituto público de investigación del sector defensa.

Recomendación

Para la consolidación de la reestructura organizacional, bajo los lineamientos establecidos -por MIDENA, SENPLADES, SNAP, MRL y Ministerio de Finanzas- se debe continuar con los

entregables de los componentes del modelo de reestructuración indicado en el contenido de este documento.

Referencias Bibliográficas

- Acuerdo 996, (2011), Secretaría Nacional de la Administración Pública, Registro Oficial 599 del 19 de diciembre de 2011.
- Constitución de la República del Ecuador (2008).
- Decreto Ejecutivo 109, (2009), Registro Oficial 58 del 30 de octubre de 2009.
- Decreto 940, (2011), Registro Oficial 581 del 22 de noviembre de 2011.
- Decreto 106 (2013), Registro Oficial 91 del 30 de septiembre de 2013.
- Emisión de Especies Valoradas, (1967), Decreto 014, Registro Oficial 92 del 27 de marzo de 1967.
- Ley de la Cartografía Nacional, (1978), Decreto Supremo 2686-B, Registro Oficial 643.

El proceso de Revisión Cartográfica, su importancia

Cnrl. Ing. Ramiro Pazmiño Orellana • ramiro.pazminio@mail.igm.gob.ec
Subdirector del Instituto Geográfico Militar

Resumen

Forma parte de la misión del Instituto Geográfico Militar la elaboración de la cartografía básica oficial del país, tomando en cuenta la utilización de las nuevas tecnologías de la información y comunicación para la obtención de mapas y cartas topográficas sean estas impresas o digitales. La tecnología ha evolucionado enormemente desde hace pocas décadas, a partir de la elaboración netamente manual (analógica) hasta la utilización de sofisticadas técnicas que automatizan gran parte del proceso.

A la par de los cambios tecnológicos en la forma de generar la cartografía, también ha evolucionado el control de calidad de la misma, siendo esta actividad muy sensible, muchas instituciones del país, en sus procesos de generación de cartografía temática, la toman de manera superficial, esta debe necesariamente pasar por un proceso de revisión visual de completitud, lógica y consistencia cartográfica, de mapas en papel, hasta complejos sistemas automatizados de verificación de errores en la moderna cartografía, sin perder la construcción de la base cartográfica oficial, sustentada fundamentalmente en la precisión de sus elementos de acuerdo a la escala.

A pesar de los avances en la revisión o control de calidad de la cartografía, la comprobación y validación de ésta, por parte de personal entrenado y capacitado, sigue vigente y con mayores demandas en conocimientos, no solo cartográficos si no también informáticos y bases de datos.

En este documento, se aborda en forma sintética, algunas de las problemáticas en las que se encuentran inmersas las personas, encargadas del control de calidad de la cartografía que se produce en el Instituto Geográfico Militar o en otras instituciones que requieren un proceso de control de calidad adicional a sus datos.

Abstract

Part of the mission of the Military Geographical Institute is preparing official topographic maps of the country, taking into account the use of new information and communication technologies for obtaining maps and topographic charts, are these printed or digital. Technology has evolved tremendously since few decades, from the purely manual working (analog) to the use of sophisticated techniques that automate much of the process.

Along with the technological changes in how to generate the mapping, has also evolved quality control. This is a very sensitive activity since many institutions in the country, in their process of generating thematic maps, they take this activity superficially. This should go through a process of visual review of completeness, logical consistency in paper maps to complex automated error checking in modern cartography, without losing the building official cartographic base, mainly based on precision of its elements according to the scale.

Despite advances in quality control mapping, testing and validation of this continues by trained and qualified personnel, with greater demands, not only about mapping but also computer and databases skills.

In this paper, we analyze synthetically, some of the issues in which people in charge of mapping quality control are immersed, that occurs in the Military Geographic Institute or other institutions that require a mapping quality control process.

Introducción

La Cartografía desde tiempos muy remotos, ha sido considerada como el arte de dibujar e interpretar las características geográficas del territorio, cuya evolución se ha visto sustentada en la determinación de los mejores procedimientos técnico- cartográficos de calidad, que garanticen la precisión en función de su escala; en la medida que así sea considerada, se seguirá constituyendo en la información fundamental e

indispensable para el desarrollo de los pueblos, como base para una adecuada planificación.

Los procesos de elaboración cartográfica están muy bien definidos y estandarizados en la mayoría de países a nivel mundial, es por ello, que su interpretación o lectura es muy común y familiar. Una de las etapas finales y de suma importancia, la constituye el proceso de revisión

y validación con “criterio cartográfico”, que en los últimos años por el gran avance tecnológico ha ido en detrimento, pues ahora, la automatización de los procesos con la aplicación de potentes softwares, facilitan y optimizan el proceso final de obtención de la misma. Ahora bien, la responsabilidad de los organismos del Estado, no debe estar orientada únicamente a obtener resultados con rapidez, pues, se corre el grave riesgo de perder la calidad del dato asociada a la precisión, con la cual fue obtenida a lo largo de todo el proceso de elaboración de la cartografía; lo indicado, nos puede llevar a cometer errores y en la medida que sea el CASO traernos graves consecuencias.

Elaboración de cartografía básica oficial y cartografía temática general

La base cartográfica oficial de un país, garantiza con pertinencia y responsabilidad, que la misma pueda ser utilizada por todos los organismos del Estado como elemento fundamental para la generación de nueva información temática.

En la actualidad, el uso de la información digital optimiza procesos y procedimientos, pero, cobra vital importancia que esta sea estructurada de acuerdo a un diccionario de datos (catálogo de objetos y la manera como son representados), así como de un modelo semántico que determine la estructura topológica entre los diferentes objetos representados, que asegure un buen grado de representatividad geográfica bajo el concepto de datos homogéneos, lo que permite la integración de la información, su desarrollo y explotación de acuerdo a una escala de visualización cartográfica, generada por el IGM u otras organizaciones del Estado, consultores y Academia. Es importante indicar, que el catálogo de objetos forma parte del modelo de datos (descripción de la estructura, características, convenciones y reglas de integridad, contenido, estructura, relaciones y normas de acuerdo al tipo de información).

La cartografía en formato digital estructurada según un estándar específico, tiene la ventaja facilitar el uso de software que detecta la mayor parte de los errores relacionados con el incumplimiento de las especificaciones del estándar, por ejemplo ríos tipo área que no cortan la vegetación (error semántico), sin embargo de estas facilidades, los errores de lógica cartográfica deben ser detectados por personas entrenadas.

Una adecuada descripción y clasificación del territorio, limita la manipulación de sus elementos por parte del usuario, para generación de nueva información utilizando como base la cartografía oficial.

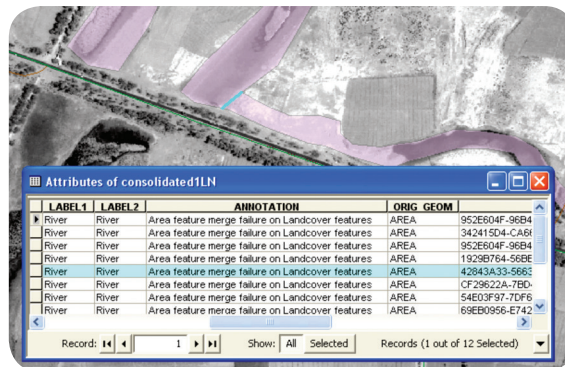


Fig No 1. Detección de un error de cobertura terrestre mediante software de control de calidad.



Fig No 2. Proceso de detección de errores de lógica cartográfica por medios visuales.

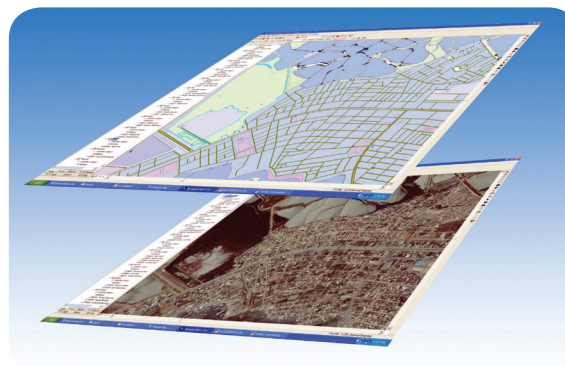


Fig No 3. Proceso de validación cartográfica en la cual se compara los archivos vectoriales con una ortofoto o imagen rectificad y georeferenciada.

El IGM, sustentado en la Ley de Cartografía Nacional, realiza procesos de verificación y validación cartográfica de otras instituciones que utilizan la base cartográfica oficial, para generar nueva información (información temática), al no ser Instituciones cuya orientación y estructura consideren procesos de revisión cartográfica para la edición final de sus mapas, es fundamental que estos sean revisados por el organismo oficial.

Durante la realización de procesos de revisión, se ha encontrado diversidad de errores asociados a la manipulación de los elementos cartográficos, acrecentado con el uso de la gran potencialidad de los softwares existentes en el mercado, que al estructurar su información para el uso de un SIG, acumulan a lo largo de la mayoría de elementos, una buena cantidad de errores, entre los más comunes se ha detectado:

- generalización de límites internos y los elementos geográficos que lo conforman.
- incompatibilidad entre el conjunto de datos temáticos.
- difícil interoperabilidad.
- dificultad de realizar mosaico de información para armar un escenario territorial.
- errores.

De lo expuesto anteriormente, se plantean algunas interrogantes, que podrían ser sujetos de una encuesta orientada a los generadores y usuarios de información geográfica temática, sustentados como dice el Art. 30 Generalidades, "... estándares de calidad y pertinencia."; preguntas como las siguientes:

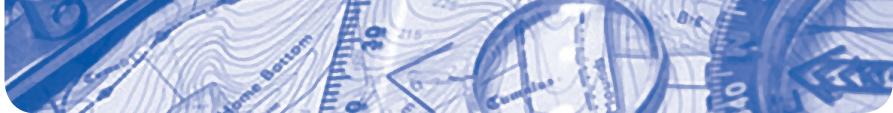
- ¿Su organización, conoce las "Políticas Nacionales de Información Geográfica"?
- ¿Su organismo cuando genera información temática, utiliza la base cartográfica oficial.?
- ¿De no existir el conjunto de datos que requiere, como canaliza sus necesidades de información?

- ¿Su organización por cada estudio, producto, conjunto de datos realiza un metadato basado en el estándar nacional?
- ¿Su organización cuenta con especificaciones técnicas de acuerdo al estudio, producto o conjunto de datos?
- ¿Su organización cuenta con un diccionario de datos de acuerdo a escalas o resoluciones?
- ¿Considera que un organismo cuya competencia es la generación de la cartografía base oficial del país y dispone de personal especializado, realice el proceso de validación (revisión cartográfica) final de sus documentos o archivos digitales y/o impresos?

Son preguntas referenciales que se podrían plantear y con ello, resolver adecuadamente una problemática evidente, que en los tiempos actuales, se ve acrecentado a nivel mundial, tomando en consideración el gran desarrollo de las tecnologías de información y comunicación, en el ámbito cartográfico, como se ha destacado a lo largo de este artículo.

El Instituto Geográfico Militar, cuenta con metodologías y personal especializado y de una gran trayectoria en procesos de revisión cartográfica; con el presente artículo, se desea evidenciar a través de un intercambio de ideas y criterios la importancia de esta actividad.

Existe un grupo de profesionales con amplia trayectoria y probada experiencia en el IGM, los cuales fueron entrevistados, planteándoles una encuesta, con preguntas relacionadas al ámbito de revisión cartográfica que realizan en el Instituto, a continuación un compendio de sus principales respuestas en base a las preguntas planteadas:



1. ¿Cuáles son los errores más comunes, identificados en la fase final del proceso de elaboración de cartografía oficial?.

- Omisión de accidentes cartográficos importantes de acuerdo a la escala, (hidrográficos, culturales, planimétricos, etc.).
- Interpretación incorrecta de elementos, Ej. canal por acequia; rodera por camino de verano, entre otros.
- Empalmes entre proyectos.
- Ubicación y escritura en Nombres Geográficos.
- Inconsistencia altimétrica
- Falta de criterio cartográfico al generalizar la información a escalas menores.

2. De acuerdo a su experiencia, explique la importancia del proceso de revisión CARTOGRÁFICA.

La revisión es la actividad fundamental del proceso cartográfico, para obtener productos de calidad.

3. ¿Cuáles considera que pueden ser las mayores consecuencias al no realizar este proceso de revisión?.

Que los productos cartográficos no sean confiables, ocasionando problemas en los diferentes usos, en proyectos relacionados a planificación nacional, pueden traer graves consecuencias, fundamentalmente en los relacionados a cartografía de frontera.

4. Cuando se revisa la información temática generada por otros organismos del Estado, describa los principales errores encontrados.

- La base cartográfica oficial no es utilizada correctamente, en ciertas ocasiones es manipulada.
- Inobservancia de especificaciones técnicas, normas y simbolización cartográfica, independientemente de cartografía impresa o digital.

5. En el caso particular de los nombres geográficos, cuando se trata de información temática de otras instituciones, ¿cuales son los errores más comunes?.

Inconsistencia de los nombres con relación a la cartografía oficial (ortografía y ubicación).

6. Cuando las Instituciones generadoras de cartografía temática, en cumplimiento de la Ley de Cartografía Nacional, han enviado al IGM, sus documentos para que sean revisados, ¿han evidenciado que están conformes con el trabajo de revisión realizado en el IGM, mencione ejemplos?

En términos generales, evidencian que el contar con un registro o autorización de publicación, les proporciona un valor agregado dándoles una característica de documento oficial, adicionalmente, manifiestan estar complacidos por las correcciones en toponimia, por eliminación involuntaria de elementos cartográficos, mejora en la calidad de datos temáticos, ajustados de acuerdo a normas y estándares cartográficos. Se destacan instituciones públicas y privadas como: Produquias, INIGEMM, Cía. MARGABAR, etc.



Fig No 4. Proceso de revisión de cartografía temática generada por otras instituciones.



Fig No 5. Proceso de revisión de cartografía temática generada por otras instituciones.

Conclusiones finales

- El Instituto Geográfico Militar como ente generador de la cartografía oficial del país, es el responsable de proporcionar productos geográficos-cartográficos de calidad de acuerdo a su competencia.
- La producción y diseminación de información geográfica por los distintos generadores, requiere una coordinación de actuaciones para garantizar una interoperabilidad de los datos geográficos y temáticos en beneficio a la ordenación del Territorio.
- Como organismo del Estado, es importante buscar la compatibilidad entre el conjunto de datos temáticos con la cartografía básica, de tal forma que los Gobiernos Autónomos Descentralizados puedan armar su escenario territorial, con ello contribuimos a la gobernanza, en el contexto de “inversión de los recursos públicos y la regularización económica”.
- Dentro de los procesos geográficos-cartográficos es indispensable la actividad de revisión, para garantizar la calidad del producto.
- La confiabilidad de los productos cartográficos son la carta de presentación para los usuarios internos y externos.
- Cuando el IGM, realiza la revisión cartográfica de productos elaborados por otros organismos, garantiza entre otros aspectos, la calidad del dato y el documento ajustado a una norma o estándar, exactitud posicional y

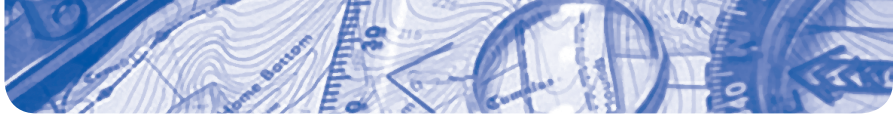
cumplimiento de estándares cartográficos en general, destacando ante la demanda de los usuarios, la calidad como elemento diferenciador de los productores.

Bibliografía

- <http://www.sni.gob.ec/web/guest/documentos> actualizado al 2 de abril 2014.
- <http://inspire.ec.europa.eu/index.cfm> actualizado al 2 de abril 2014.
- Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas.
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. Plan Nacional del Buen Vivir 2013 - 2017, Lineamientos para la inversión de los recursos públicos y la regularización económica. 2013.

Referencias

- Defence Geospatial Information Working Group. (2012). DGIWG Feature Data Dictionary, Baseline 2012-2.00
- Multinational Geospatial Co-production Program. (2007). MGCP Technical Reference Documentation v2.0
- Defense Mapping Agency. (1982). Product Specifications for 1:50000 Scale Topographic Maps of Foreign Areas. Washington D.C.
- Instituto Panamericano de Geografía e Historia (1979). Especificaciones Topográficas, primera versión.



Procesamiento Científico Ecuatoriano de Datos GPS generados por Estaciones Permanentes ubicadas en países de la Región SIRGAS

Ing. David A. Cisneros R. • david.cisneros@mail.igm.gob.ec
Centro de Procesamiento de Datos GNSS del Ecuador
Red GNSS de Monitoreo Continuo del Ecuador

Resumen

En la actualidad, la materialización del Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas SIRGAS, está compuesto aproximadamente por 400 estaciones GPS de monitoreo continuo distribuidas a lo largo y ancho del continente americano. Esta infraestructura genera un gran volumen de información puesto que cada una de las estaciones registra datos GPS¹ a intervalos de 30 segundos las 24 horas del día, 7 días a la semana y 365 días al año. La información es recopilada y almacenada por los Centros Nacionales de Datos ubicados en cada Instituto y/o Agencia Cartográfica propietaria de las estaciones permanentes, instaladas en cada país miembro de SIRGAS. Este bien intangible físicamente pero palpable técnicamente, constituye la materia prima para el mantenimiento del Sistema de Referencia Regional SIRGAS, mediante el procesamiento GPS científico semanal de la red SIRGAS CONTINENTAL (SIRGAS_CON), a cargo de los centros de procesamiento oficiales, uno de los cuales se encuentra ubicado en el IGM a partir del año 2009, denominado Centro de Procesamiento de Datos GNSS del Ecuador - CEPGE.

¹ Global Positioning System, <http://www.gps.gov/>

Abstract

Currently, the realization of the Geocentric Reference System for the Americas SIRGAS, is composed of approximately 400 GPS continuous monitoring stations distributed throughout the Americas. This infrastructure creates a large volume of information, each GPS station data recorded at intervals of 30 seconds, 24 hours a day, 7 days a week, 365 days a year. The information is collected and stored by the National Data Centres located in each Institute and / or Mapping Agency owns the permanent stations installed in each member country SIRGAS. This information is the raw material for the maintenance of Regional Reference System SIRGAS, through scientific processing GPS Network SIRGAS Continental (SIRGAS_CON). The weekly processing is handled by the Official Processing Centers, one of which is located in the Military Geographical Institute (IGM_Ec) since 2009, called GNSS Data Processing Center of Ecuador - CEPGE.

Introducción

En décadas pasadas, los marcos de referencia nacionales estaban materializados principalmente por mojones de concreto empotrados en el terreno y su respectiva referencia física. Esta infraestructura constituye la red GPS de cada país (en nuestro caso Red Nacional GPS del Ecuador - RENAGE) a la cual denominamos red pasiva. Mediante ingentes campañas de campo dotadas de grandes contingentes humanos y logísticos se ejecutó el rastreo y almacenamiento de información GPS in situ para posteriormente, en la oficina mediante diversas técnicas de procesamiento y ajustes locales se logró obtener las coordenadas oficiales de cada punto compuestas por tres componentes principales X, Y, Z; pero de una manera totalmente aislada e independiente para cada estado.

Con el tiempo todos estos esfuerzos resultaban infructuosos debido al normal desplazamiento de la corteza terrestre provocado principalmente por los efectos geodinámicos de las placas tectónicas

presentes en el globo terrestre, fenómenos geofísicos (sismos, terremotos, fallas geológicas, etc.) y deformación local.

La variación de las coordenadas a merced del transcurso del tiempo, implica una actualización del Marco de Referencia Terrestre Internacional ITRF² y por ende de los marcos de referencia nacionales, puesto que cada realización del ITRF tiene un tiempo de vida "consistente" y libre de deformaciones. Todas las realizaciones incluyen posiciones y velocidades de las estaciones que forman parte de la red de seguimiento en una época de tiempo específica. Las soluciones se encuentran relacionadas por medio de parámetros de transformación, los mismos que permiten comparar (o migrar de un ITRF a otro) las observaciones en diferentes épocas de medida; por tal razón el ITRF se actualiza constantemente.

² The International Terrestrial Reference Frame (ITRF), <http://itrf.ensg.ign.fr/>

El mantenimiento de redes pasivas nacionales respecto de la actualización del ITRF, presupone grandes esfuerzos técnicos, logísticos, económicos y sobre todo humanos, en tal virtud con la finalidad de aprovechar el desarrollo tecnológico y las nuevas técnicas de posicionamiento satelital disponibles en la actualidad, las redes nacionales han adoptado la transición hacia redes activas compuestas principalmente de equipos geodésicos de última generación (como son las estaciones GNSS de monitoreo continuo), canales de comunicación / transmisión de datos, políticas de seguridad e integridad de la información.

Las ventajas técnicas que proporcionan las redes activas facilitan la interoperación independientemente de la ubicación geográfica en la que se encuentren instaladas, logrando de esta manera consolidar a SIRGAS como Sistema de Referencia unificado para las Américas.



Figura No1: Mojón GPS - RENAGE



Figura No.2: Estación permanente GNSS - REGME

Actualmente, SIRGAS está materializado por una red de estaciones GNSS de funcionamiento continuo con coordenadas de alta precisión (asociadas a una época específica de referencia) y sus cambios a través del tiempo (velocidades de las estaciones). La red SIRGAS de funcionamiento continuo (SIRGAS-CON) está compuesta en la actualidad (fecha de corte 26 de marzo de 2014) por 324 estaciones, de las cuales 58 forman parte del IGS³.

La operatividad de SIRGAS-CON se fundamenta en la contribución voluntaria de más de 50 entidades, que han instalado las estaciones y se ocupan de su operación adecuada para, posteriormente, poner a disposición de los centros de análisis la información observada. Los Centros Locales de Procesamiento Científico adelantan semanalmente el cálculo de un conjunto específico de estaciones SIRGAS, garantizando que cada estación esté incluida en tres soluciones individuales. Sus soluciones son combinadas con la red continental para obtener los productos SIRGAS finales, adaptado de www.sirgas.org.

Contenido

El Centro de Procesamiento de Datos GNSS del Ecuador CEPGE, fue creado por el Instituto Geográfico Militar en el año 2008. A partir del 1 de enero de 2009, inició actividades como Centro de Procesamiento Experimental y al cabo de un año; 01 de enero de 2010, es reconocido como Centro de Procesamiento Oficial de SIRGAS.

Al inicio de las actividades como centro experimental (GPS WEEK 1513), el CEPGE tuvo a su cargo el procesamiento semanal de 30 estaciones SIRGAS_CON de las cuales 8 eran parte de la REGME nacional (GLPS, ESMR, PTEC, GYEC, LJEC, CUEC, RIOP y QUI1). La red asignada constaba de estaciones ubicadas en Nicaragua, Colombia, Venezuela, Perú, Brasil y Argentina.

El software de procesamiento usado para tal efecto era el BERNESE versión 5.0, cuya primera inducción hacia el procesamiento científico fue impartida en el IGM por la Sra. Dra. Laura Sánchez Vicepresidente SIRGAS, en diciembre de 2008.

³ International GNSS Service, <http://www.igs.org/>

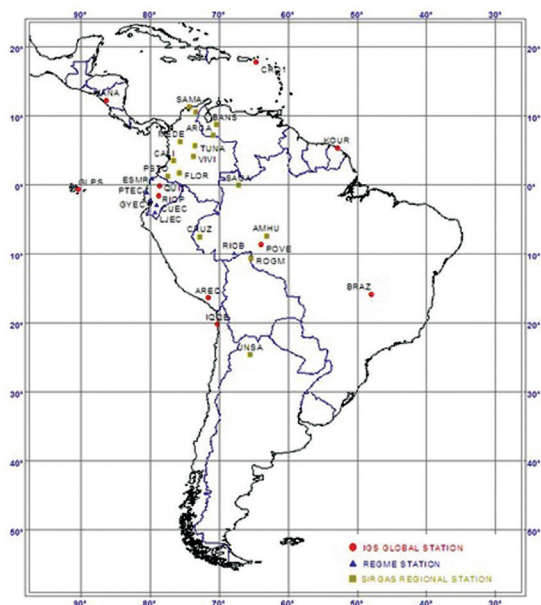
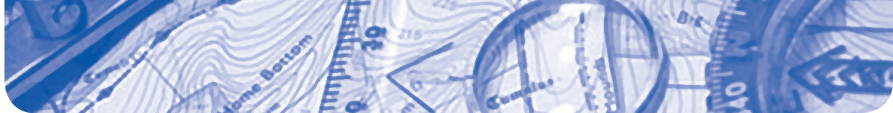


Figura No. 3: Estaciones SIRGAS_CON asignadas al CEPGE en el año 2009, período de evaluación Centro de Procesamiento Experimental.

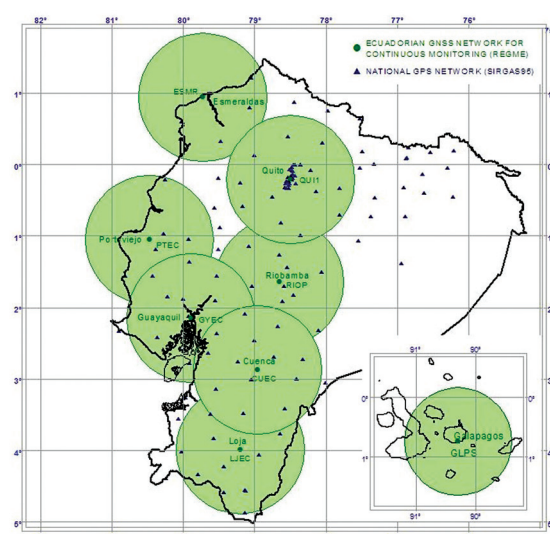


Figura No. 4: REGME año 2009.

Para inicios del año 2010, el personal del CEPGE se encontraba capacitado para afrontar el reto de asumir formalmente la responsabilidad científica, es así que el 01 de enero de ese año el Consejo Directivo, Ejecutivo y Científico de SIRGAS lo promulga como Centro de Procesamiento SIRGAS Oficial. A partir de esta fecha, las soluciones procesadas por el CEPGE fueron combinadas con las soluciones provenientes de los Centros ya existentes, cuatro en aquel tiempo (CIMA Argentina, DGFI Alemania, IBGE Brasil e IGAC Colombia) para la obtención de las soluciones finales de la red SIRGAS-CON. La

participación del CEPGE en el análisis de la red permite que cada estación continental se incluya en tres soluciones individuales, lo que proporciona mayor control en la calidad de productos SIRGAS. La red SIRGAS_CON asignada al CEPGE para el procesamiento semanal tuvo un notable incremento de estaciones llegando a un total de 72 ubicadas en USA, Nicaragua, Panamá, Colombia, Ecuador, Perú, Surinam, Brasil, Chile, Argentina y Francia. En esta distribución 10 estaciones eran parte de la REGME nacional.

Las soluciones semanales y la solución combinada final eran estabilizadas en el Marco de Referencia Terrestre Internacional ITRF 2005 y posteriormente se adoptó el ITRF2008 producto de la oficialización a nivel mundial por parte del ITRF e IGS.



Figura No. 5: Estaciones SIRGAS_CON asignadas al CEPGE en el año 2010, Centro de Procesamiento Oficial.

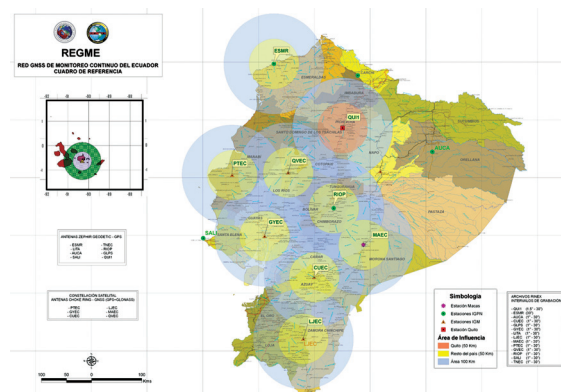


Figura No. 5: Estaciones SIRGAS_CON asignadas al CEPGE en el año 2010, Centro de Procesamiento Oficial.

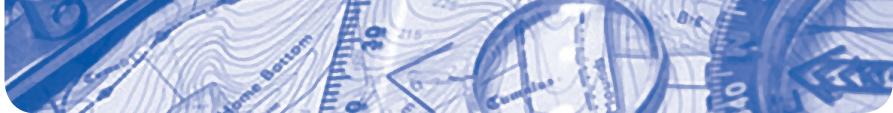
La REGME también ha evolucionado con el tiempo, brindando una cobertura de señal GNSS en un radio de 50 Km por cada estación. Con fecha de corte marzo de 2014, la REGME está constituida por 34 estaciones permanentes, todas enlazadas a SIRGAS e incluidas en el procesamiento y solución final obteniendo de esta manera las coordenadas y productos SIRGAS oficiales para cada semana. Para aplicaciones técnicas y científicas los productos SIRGAS se pueden encontrar en: <http://www.sirgas.org/index.php?id=183>.

[illegible]

The map displays the SIRGAS-CON network of GNSS stations across South America. The network is represented by red dots, each labeled with a station name and its coordinates. The map includes latitude and longitude coordinates. A legend indicates that the network was processed by CEPGE (Ecuador). An inset map shows the location of the network within the South American continent.

The figure displays a map of Ecuador with the SIRGAS-CON network. The main map shows the entire country with numerous station locations marked by red dots. A legend in the top right corner indicates that the network is processed by CEPGE (Ecuador). Three inset maps provide detailed views of specific regions: the north (top left), the west (middle left), and the south (bottom right). The map includes latitude and longitude coordinates and a scale bar at the bottom indicating 400 km.

Figura No. 9: CEPGE - SIRGAS_CON, 2014.



¿Por qué es necesario contar con un Centro de Procesamiento SIRGAS oficial en el Ecuador ?

Sin duda, en la actualidad, la única manera de mantener actualizado un marco geodésico de referencia nacional es a través de una red de estaciones GNSS (Global Navigation Satellite System) de monitoreo continuo perfectamente ligado al procesamiento científico rutinario de la red, para considerar en los cálculos la cuarta coordenada geodésica, el tiempo; sin considerar esta coordenada, el marco de referencia va perdiendo consistencia en el transcurso del tiempo.

Un gran país, dotado de una importante Red de Estaciones GNSS Permanentes, requiere tomar las riendas técnicas y científicas de esta gran infraestructura Geoespacial y volcarlo al desarrollo nacional en el amplio espectro de las ciencias de la tierra, investigación, planificación, seguridad y defensa. En el plano local, la información generada por las estaciones que conforman la REGME, debe ser recopilada, analizada (control de calidad), respaldada de manera ordenada y segura; y publicada para la disponibilidad de los usuarios a través de políticas y protocolos establecidos, conforme a los lineamientos gubernamentales. Estas responsabilidades deben ser asumidas por un organismo técnico científico que respalde la continuidad y el desarrollo de la infraestructura instalada, por tal razón el IGM creó el CEPGE, cuyo objetivo principal es mantener actualizado el Marco de Referencia Geocéntrico Nacional.

En el plano internacional, el CEPGE conjuntamente con los demás centros de procesamiento SIRGAS oficiales calculan soluciones diarias semilibres (loosely constrained) para las coordenadas de las estaciones SIRGAS Continentales asignadas, luego las siete soluciones diarias correspondientes a una semana GPS son combinadas en una solución semanal igualmente semilibre (loosely constrained). Tanto las soluciones diarias como la semanal se ponen a disposición en formato SINEX.

Los archivos SINEX generados contienen las coordenadas calculadas en la solución, la matriz de varianza-covarianza correspondiente y todas las restricciones (constraints) a priori utilizadas para el cálculo de la solución, adicionalmente incluye la información estadística necesaria (número de observaciones, número de incógnitas, varianza, etc.) para hacer la combinación de las soluciones individuales a partir de las ecuaciones normales derivadas de los archivos SINEX remitidos. Estas actividades permiten obtener los productos SIRGAS actualizados semanalmente

y estabilizados (referidos) al Marco de Referencia Terrestre Internacional vigente, considerando la cuarta componente "el tiempo", es decir (4D): X, Y, Z, t (velocidad).

Las soluciones individuales son evaluadas por los centros de combinación SIRGAS (DGFI e IBGE) para establecer la confiabilidad y calidad de los cálculos realizados. Los productos SIRGAS obtenidos son los siguientes:

- Solución semanal semilibre (loosely constrained) en formato SINEX;
- Solución semanal fija (coordenadas ajustadas al ITRF vigente, incluyendo matriz varianza-covarianza);
- Solución acumulada (multianual) fija (con posiciones y velocidades ajustadas al ITRF vigente, junto con la matriz varianza-covarianza correspondiente). Ésta se calcula por lo menos una vez cada año.

De esta manera se mantiene actualizado el Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas.

Estrategia de procesamiento científico adoptada por el CEPGE

La estrategia adoptada por el CEPGE, responde directamente a los estándares de procesamiento promulgados por el International GNSS Service - IGS⁴, International Earth Rotation and Reference Systems Service - IERS⁵ y por supuesto SIRGAS.

A partir del 01 de enero de 2014, el CEPGE utiliza el software científico BERNESE versión 5.2 el mismo que permite ejecutar procesamiento GNSS (GPS y GLONASS), incorporación de nuevas señales satelitales, cálculo de órbitas GNSS y parámetros de orientación terrestre.

A continuación se presenta un resumen de las variables (básicas) aplicadas, la estrategia y estándares del procesamiento:

PARÁMETRO	VARIABLE
Software de Procesamiento:	BERNESE versión 5.2
Formato de los datos GPS:	RINEX v. 2.11
Constelación:	GPS
Intervalo de registro:	30 segundos
Máscara de elevación:	3 grados
Observaciones:	Dobles diferencias de fase
Órbitas	IGS finales (*.sp3), IGB08

4 <http://acc.igs.org/reprocess2.html>

5 http://www.iers.org/nn_11216/IGS/EN/Publications/TechnicalNotes/tn36.html

Parámetros de orientación terrestre:	ERP semanales IGS
Modelo troposférico:	Vienna Mapping Function (VMF)
Modelo de carga y marea oceánica:	FES2004
Estrategia de líneas bases:	MAX-OBS
Variación de los centros de fase:	Calibración Absoluta, PHAS_IGS.08
Modelo Global de Gravedad:	EGM2008 (recomendado en caso de requerirlo)
Ponderación de las observaciones:	En función de la elevación, a menor elevación, menor peso
Correcciones a los relojes de los satélites:	IGS
Calibración para la componente Z de los satélites GNSS	IGS
Ambigüedades de fase de la solución final:	Obtenidas de un número entero
Modelo de Nutación:	IAU2000R06
Modelo del Movimiento del Polo:	IERS2010XY
Modelos Ionosféricos:	CODE (CODwww.ION)
Quality Check RINEX:	TEQC
Tabla de breviaciones de los nombres de las estaciones:	ECU.ABB
Tabla de coordenadas iniciales de las estaciones:	ECU11.CRD
Tabla de velocidades iniciales de las estaciones:	ECU11.VEL
Tabla con efectos por carga oceánica inducido en las estaciones:	ECU.BLQ
Efectos por carga atmosférica de origen mareal:	AMSUR.ATL
Información, combinación receptor + antena estaciones SIRGAS_CON	AMSUR52.STA
Tabla No. 1: Variables aplicadas en la estrategia de procesamiento del CEPGE - BERNESSE v 5.2	

Parámetros de control para la Solución Diaria obtenida del procesamiento semanal ejecutado por el CEPGE:

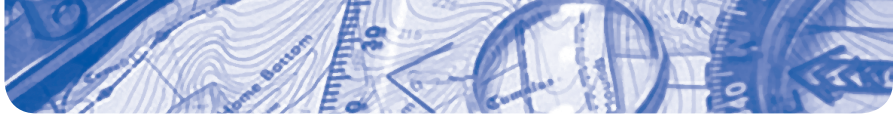
- $CHI^{**2} / DOF = \sim 1 \dots 3$
- $\#OBSERVATIONS \gg 10\,000$
- Correcciones a las coordenadas iniciales $< 5\text{ cm}$
- Estación con problemas (muy pocas observaciones, residuales o correcciones muy grandes), se eliminan de la solución.

Parámetros de control para la Solución Combinada Semanal obtenida por el CEPGE:

- $CHI^{**2} / DOF < 1$
- Correcciones a las coordenadas iniciales $< 5\text{ cm}$
- Comparación de soluciones individuales:
 - $RMS < 10\text{ mm}$ para las componentes horizontales N y E
 - $RMS < 20\text{ mm}$ para la componente vertical
- Estación fuera del rango (en casos excesivos) para uno o todos los días de la semana, ésta se elimina del (los) día(s) en que presenta problemas a fin de limpiar la solución combinada final.



Figura No. 10: Flujograma del procesamiento científico semanal CEPGE - SIRGAS_CON



Resultados del procesamiento GPS científico ejecutado por el CEPGE

En el período de tiempo comprendido entre el 01 de enero de 2009 (GPS WEEK 1512) al 01 de abril de 2014 (GPS WEEK 1786, fecha de corte), el CEPGE ha cumplido con el 100% de las semanas GPS procesadas. En términos generales, las soluciones semanales semilibres (loosely constrained) han sido remitidas a los centros de combinación de manera puntual, para la obtención de la solución semanal fija. El aporte del CEPGE ha garantizado el procesamiento de un máximo de 132 estaciones permanentes SIRGAS ubicadas en varios países del continente Americano, cumpliendo la responsabilidad asumida a partir del 2009. Los resultados del procesamiento han sido considerados en la Solución SIRGAS Acumulada Fija (multianual) de los últimos cuatro años.

Nivel de precisión obtenido en las soluciones procesadas

Para evaluar la calidad de los resultados del procesamiento, tomamos la Repetibilidad obtenida del RMS para las tres componentes (N, E, U) como parámetro de análisis, puesto que proporciona una medida muy realista de la precisión obtenida como producto del procesamiento rutinario de la red; y es un indicador de la dispersión de las soluciones semanales.

El análisis de la repetibilidad comprende dos aspectos diferentes: análisis a corto plazo y análisis a largo plazo.

La repetibilidad a corto plazo, permite verificar la precisión del cálculo (procesamiento) de una semana GPS en particular.

La repetibilidad a largo plazo, permite verificar la precisión del cálculo de una semana GPS a corto plazo conjuntamente con varias semanas GPS a largo plazo, observando un nivel de acuerdo lineal el cual se desplaza en el tiempo.

La repetibilidad a Largo Plazo está en el orden de los 2 mm en las componentes horizontales (N, E), mientras que la componente vertical (U) tiene un nivel de repetibilidad que oscila en torno a los 6 mm.

Este análisis implica, que el nivel de acuerdo de las soluciones semanales es homogéneo y garantiza la consistencia interna de la red procesada por el CEPGE. En la figura No. 11, se observa el análisis RMS obtenido a partir de la semana GPS 1712, correspondiente al 28 de octubre de 2012 hasta la semana GPS 1781 correspondiente al 01 de marzo de 2014 (fecha de corte).

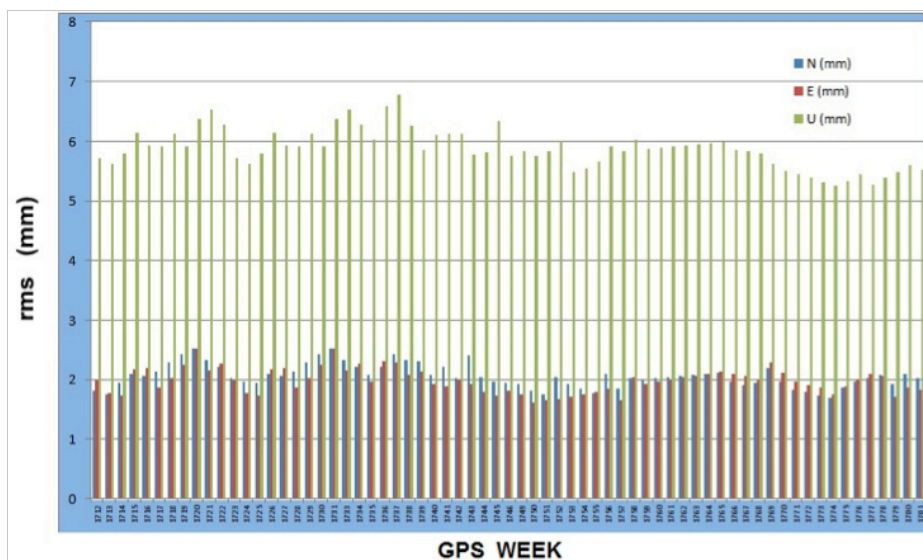


Figura No. 11: Análisis del RMS GPS WEEK 1712 - 1781

La figura No. 12 permite observar la serie temporal de la estación permanente ubicada en Guayaquil - GYEC tanto para las componentes horizontales (N y E) como para la componente vertical (h). Esta es una de las primeras estaciones instaladas y administradas totalmente por el IGM a partir del año 2008.

Es importante recordar que para el cálculo de una serie de tiempo se necesitan al menos tres mediciones GPS de larga duración de un mismo punto en épocas diferentes de tiempo. Este requerimiento es muy limitado en redes pasivas y bondadoso en redes activas lo cual constituye una ventaja técnica y científica adicional de la REGME para el análisis de la deformación de la red y la respectiva toma de correctivos para mejorar la precisión de sus coordenadas oficiales.

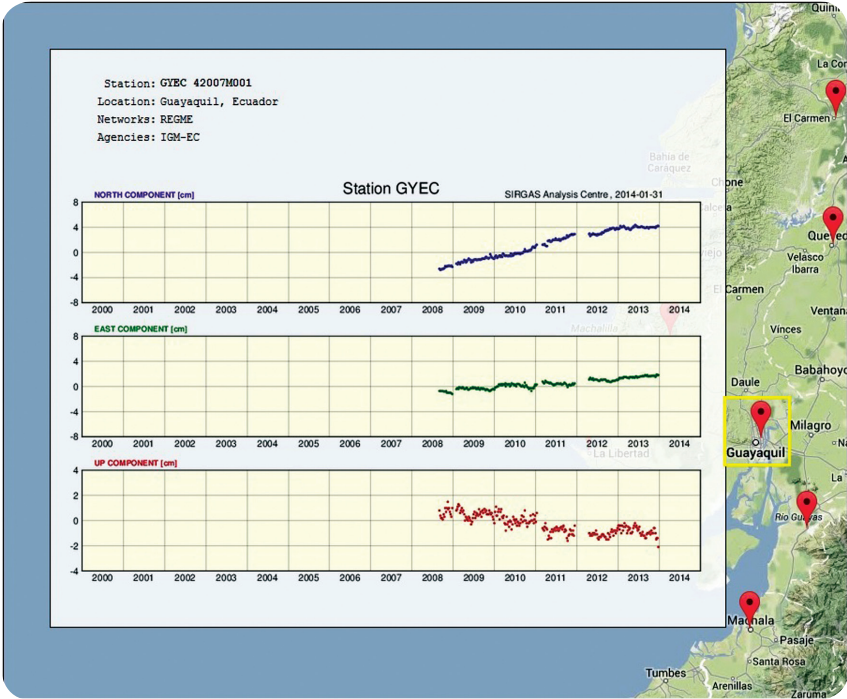


Figura No. 12 Serie temporal GYEC - SIRGAS

De acuerdo al análisis del Campo de Velocidad del Ecuador obtenido por el CEPGE (Cisneros D., Nocquet JM, 2011) las componentes de velocidad, la serie temporal y el análisis de la Repetibilidad a largo plazo para la estación GYEC, estabilizadas al marco de referencia global IGS08, son las siguientes:

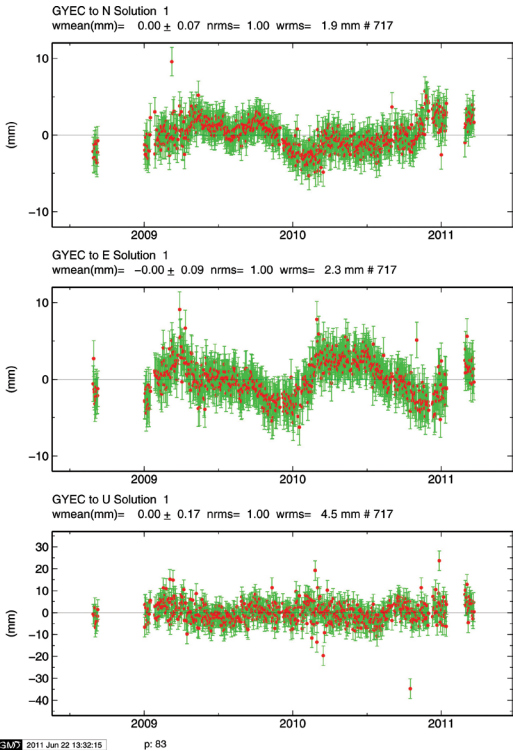
ESTACIÓN	X (m)	Y (m)	Z (m)	v (X) m/a	v(Y) m/a	v (Z) m/a	IGS08 EPOCA
GYEC	1118628.43440	-6274783.81467	-237610.24484	0.00417	0.00175	0.01385	2011.00

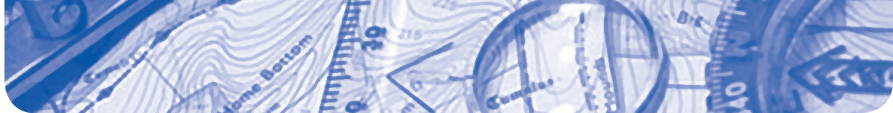
Tabla No. 2: Componentes de Velocidad estación GYEC

La repetibilidad normalizada (wrms) a largo plazo de la estación GYEC, está en el orden de los 2 mm en las componentes horizontales (N - E).

La componente vertical (U) tiene un nivel de repetibilidad normalizada (wrms) de 4.5 mm. La información de la altura de la antena es plenamente conocida y no provoca ninguna incertidumbre en el análisis de esta componente.

Figura No. 13: Serie temporal GYEC y repetibilidad - VEC_EC.





Disponibilidad de información REGME, SIRGAS_CON

La disponibilidad de información de la red SIRGAS_CON es primordial para las actividades de procesamiento y obtención de productos semanal. Dado el continuo crecimiento de la red impulsada por la instalación de varias estaciones GNSS permanentes en países de la región, es importante garantizar la operatividad de las estaciones y distribución de la información generada, en tal virtud la disponibilidad de los datos depende de los siguientes componentes:

- Centros Operadores SIRGAS (CO)
- Centros Nacionales de Datos SIRGAS (CND)

Los Centros Operadores (CO), son entidades encargadas de garantizar la adecuada instalación, funcionamiento y mantenimiento de una o varias estaciones GNSS de operación continua pertenecientes a una red local o nacional. En Ecuador el CO_SIRGAS es el Instituto Geográfico Militar, a través de la Red GNSS de Monitoreo Continuo - REGME.

Por su parte, los Centros Nacionales de Datos (CND), son entidades encargadas de administrar (acopiar, almacenar y proveer) las observaciones de una red dada (local o nacional). Estos Centros ponen a disposición de los usuarios nacionales e internacionales (de ser el caso), incluyendo a los Centros de Procesamiento SIRGAS, los archivos RINEX en formato Hatanaka⁶ de las estaciones a su cargo. En Ecuador el CND_SIRGAS es el Instituto Geográfico Militar, a través del Centro de procesamiento de Datos GNSS - CEPGE.

La disponibilidad de información de las estaciones SIRGAS_CON, asignadas al procesamiento semanal del CEPGE, se presenta la figura No. 14. Tomamos como ilustración el intervalo de tiempo comprendido entre la semana GPS 1712, correspondiente al 28 de octubre de 2012 hasta la semana GPS 1781 correspondiente al 01 de marzo de 2014 (fecha de corte).

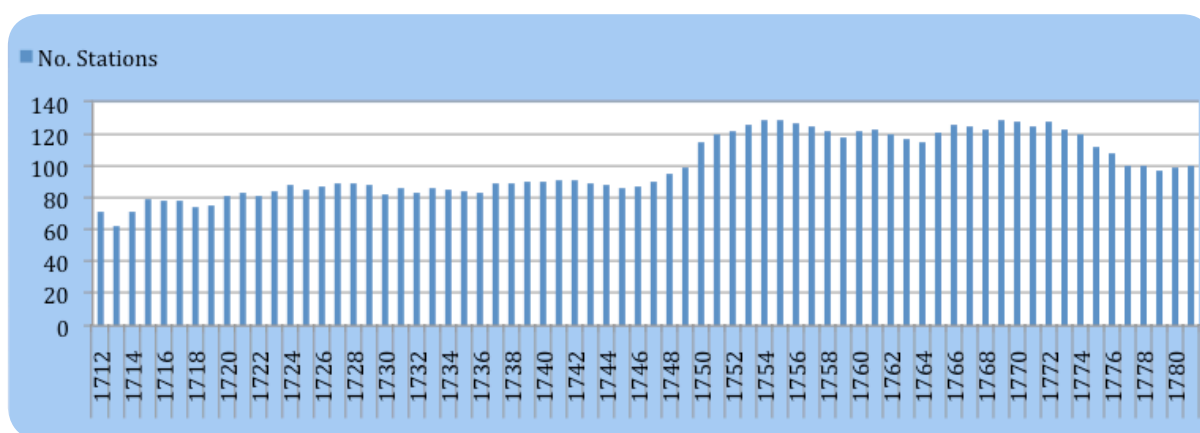


Figura No. 14: Disponibilidad de datos RINEX, SIRGAS_CON - CEPGE.

Conclusiones

- La posibilidad de contar con una Red de Monitoreo Continuo en Ecuador y un Centro de Procesamiento local, permite mantener todas las actividades basadas en Sistemas de Posicionamiento Satelital, enlazadas a un ÚNICO Sistema de Referencia Geocéntrico adoptado por el país (SIRGAS ECUADOR). La REGME, materializa el Marco de Referencia Nacional y el CEPGE es el soporte Lógico de la Red Activa.
- En la actualidad, el CEPGE ha consolidado su aporte y presencia en el desarrollo de las actividades técnicas y científicas a nivel regional, manteniendo el status de centro oficial SIRGAS; de lo contrario, nos veríamos avocados a buscar alguna agencia u organismo internacional que se haga cargo de nuestro patrimonio tecnológico y disponga de la geoinformación nacional como ha sido costumbre en épocas pasadas.

⁶ <http://sopac.ucsd.edu/dataArchive/hatanaka.html>

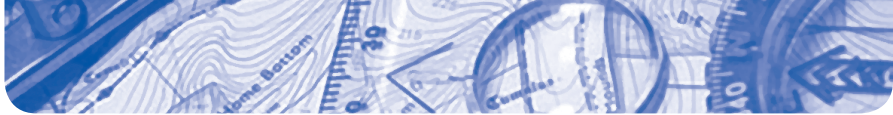
- Los Centros de Procesamiento Oficiales adelantan semanalmente el cálculo de un conjunto específico de estaciones SIRGAS regionales, incluidas las estaciones permanentes de las redes activas nacionales, garantizando que cada estación esté incluida en tres soluciones individuales. Sus soluciones son combinadas con la red continental para obtener los productos SIRGAS finales.
- La red SIRGAS de funcionamiento continuo (SIRGAS-CON) está compuesta en la actualidad por más de 300 estaciones, de las cuales 58 pertenecen a la red global del IGS. Cada estación posee las coordenadas de alta precisión (asociadas a una época específica de referencia) y sus cambios a través del tiempo (velocidades de las estaciones).
- La REGME nacional está compuesta de 34 estaciones GNSS permanentes, todas están incluidas en la red SIRGAS_CON y son procesadas por el CEPGE semanalmente por medio del software científico BERNESSE versión 5.2. De esta manera el IGM garantiza un adecuado mantenimiento de la georeferencia nacional.
- Un gran país, dotado de una importante Red de Estaciones GNSS Permanentes, requiere tomar las riendas técnicas y científicas de esta gran infraestructura Geoespacial y volcarlo al desarrollo nacional en el amplio espectro de las ciencias de la tierra, investigación, planificación, seguridad y defensa. Esta actividad ha permitido abandonar el lugar de espectadores convirtiéndonos en actores principales del avance y desarrollo de las geociencias tanto a nivel nacional como regional.

Agradecimientos

- Instituto Geográfico Militar del Ecuador – IGM.
- Centro de Procesamiento de Datos GNSS del Ecuador – CEPGE.
- Red GNSS de Monitoreo Continuo del Ecuador – REGME.
- Proceso de Geodesia, IGM – Ecuador.
- Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas – SIRGAS.
- Institut de Recherche pour le Développement. IRD – France.
- Géosciences Azur - GeoAzur France.
- Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut - DGFI Alemania
- National Geospatial Intelligence Agency - NSA USA
- Astronomical Institute, University of Bern, Switzerland
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE.
- Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional – IGEPN.
- Escuela Politécnica Nacional – EPN.
- Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
- Massachusetts Institute of Technology. MIT – USA.
- Instrumental y Óptica - Quito.
- Universidad Técnica Particular de Loja
- Universidad Técnica Estatal de Quevedo
- Batallón de Selva No. 48 “SANGAY”
- Batallón de Selva No. 49 “CAPITAN CHIRIBOGA”
- Batallón de Selva No. 61 “SANTIAGO”
- Colegio Militar No. 7, Grad. Miguel Iturralde.
- Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos
- Instituto Oceanográfico de la Armada INOCAR.
- Instituto Espacial Ecuatoriano IEE
- ETAPA - Cuenca
- GADP Cotopaxi
- GADP Morona Santiago
- GADP El Oro
- GADP Napo
- GADP Imbabura
- GADP Carchi
- GADM Macas
- GADM Cuenca
- GADM Paján
- GADM El Carmen
- GADM El Chaco
- GADM Palora
- GADM Alausí
- GADM Naranjal
- GADM Gualaquiza
- GADM Ambato
- GADM Palanda
- GADM Celica
- Instituciones públicas y privadas que apoyan el desarrollo de la REGME / CEPGE a nivel nacional.

Referencias Bibliográficas

- [1] Sánchez, L. Instalación y configuración Bernese GNSS Software versión 5.2, según estándares de procesamiento SIRGAS, DGFI - IGS-RNAAC-SIR, junio 2013.
- [2] Dach, R., Walser, P., Bernese GNSS Software version 5.2 Tutorial Processing Example Introductory Course Terminal Session, Astronomical Institute, University of Bern, Switzerland january 2014.
- [3] Dach, R., Walser, P., Bernese GNSS Software New features in version 5.2, Astronomical Institute, University of Bern, Switzerland, july 2013.
- [4] Leiva, C., Cisneros D., Reporte CEPGE 001, IGM, Quito, 2009
- [5] Cisneros D., Reporte CEPGE 002, IGM, Quito, 2010
- [6] Cisneros D., Reporte CEPGE 003, IGM, Quito, 2011
- [7] Cisneros D., Reporte CEPGE 005, IGM, Quito, 2013
- [8] Cisneros, D. and Nocquet, JM. CAMPO DE VELOCIDADES DEL ECUADOR, obtenido a través de Mediciones de Campañas GPS de los últimos 15 años y medidas de una Red GPS Permanente, IGM – IGEPN – GEOAZUR - IRD. Nice – France , 2011.
- [9] Blewitt, G., “GPS Data Processing Methodology: From Theory to Applications,” in GPS for Geodesy, p. 231-270, Eds. P.J.G. Teunissen and A. Kleusberg, Springer-Verlag, Berlin, ISBN 3-540-63661-7(1998)
- [10] Rebischung, P. Upcoming switch to IGS08/igs08.atx, IGS, 2011.
- [11] www.sirgas.org. Guía para los Centros de Análisis, versión 2.1, agosto 2013.
- [12] www.sirgas.org. Guía para la coordinación de la red SIRGAS de Operación Continua (SIRGAS-CON), versión 1.3, agosto 2013.
- [13] Cisneros, D., Análisis de la Red Nacional GPS Pasiva enlazada al Sistema de Referencia SIRGAS95 y su evolución hacia la nueva infraestructura soportada por la Red GNSS del Monitoreo Continuo del Ecuador, Revista Técnica IGM, 4ta. Edición, abril 2013.
- [14] <http://itrf.ensg.ign.fr>
- [15] <http://igscb.jpl.nasa.gov>
- [16] <http://www.bernese.unibe.ch>



Desarrollo de una Metodología para la Transformación de Sistemas de Referencia

*Ing. Ricardo Romero • ricardo.romero@mail.igm.gob.ec

**Ing. Alfonso Tierra • artierra@espe.edu.ec

*Gestión de Investigación y Desarrollo

**Grupo de Investigación en Tecnologías Espaciales. Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE

Resumen

Con la llegada de la tecnología de posicionamiento satelital también vino consigo la problemática de unificar los sistemas geodésicos utilizados hasta su advenimiento, compatibles con escalas regionales, nacionales y locales. En el caso de Ecuador el sistema de referencia era un sistema clásico topocéntrico (PSAD56), mientras que la tecnología GNSS está referenciada a un sistema geocéntrico.

Ecuador cuenta con parámetros de transformación oficiales entre PSAD56 y WGS84 compatibles con escalas menores a 1: 25 000, lo cual es bueno para la transformación de la cartografía base del país, pero es necesario llegar a escalas más grandes para proyectos multipropósitos como por ejemplo planes de desarrollo y planificación territorial.

El objetivo de la presente investigación es desarrollar una metodología que permita la transformación de las coordenadas en PSAD56 a un sistema geocéntrico, utilizando vértices geodésicos de la red clásica fundamental distribuidos en el territorio nacional, en su mayoría de primero y segundo orden.

Los resultados finales determinarán la cobertura de aplicación de la transformación y su finalidad, en conclusión la metodología aplicada tiene que compatibilizar las coordenadas entre los sistemas de referencia a escalas 1: 10 000 y menores.

Abstract

With the technological advances in satellite positioning also came the problem of unifying the geodetic references systems to be compatible to regional and/or national scales of mapping.

In Ecuador the geodetic reference frame was referred towards a topocentric system (Provisional South American Datum 1956), and the other hand, the current geodetic infrastructure is referenced to a geocentric system (World Geodetic System 1984), it represents a inconvenient in surveying, navigation and cartographics process.

In addition, in recently years has developed researches to calculate parameters of transformation between PSAD56 and WGS84 and the outcomes were applied to transform the cartography 1:25000 and less, however it is necessary find out a methodology that allow transforming the cadastral information and detailed thematic cartography to land planning and surveying projects.

It is thus, that the main objective of this project is based on the developing of a methodology to transform coordinates from PSAD56 to a geocentric terrestrial frame (e.g. International Terrestrial Reference Frame), therefore is necessary account with coordinates of geodetic ground points in both systems, in this case from the classical network PSAD56, mostly first and second order.

The outcomes will determine the coverage of application within of continental Ecuador and its purpose, in conclusion the methodology applied must be able to transform coordinates between the reference systems to scales 1: 10 000 and less.

Introducción

Los sistemas de referencia clásicos o topocéntricos tienen su datum (origen) materializado en la superficie terrestre y desplazado del centro de masas de la Tierra, además adoptan un elipsoide de referencia que mejor se ajuste a la región o país, y sus coordenadas son materializadas mediante métodos de topografía convencional. En Ecuador, concretamente, la Red Geodésica Clásica está referenciada al sistema PSAD56 (Datum Provisional para América del Sur 1956,

por sus siglas en inglés). Por otro lado, los sistemas de referencia geocéntricos tienen su origen en el centro de masas de la Tierra, su elipsoide es internacional y sus coordenadas son materializadas utilizando la tecnología de posicionamiento satelital bajo las convenciones establecidos por el ITRS (Sistema Internacional de Referencia Terrestre, por sus siglas en inglés). Cabe mencionar que en el continente se ha establecido el Sistema de Referencia

Geocéntrico para las Américas (SIRGAS), el cual adopta las convenciones del ITRS y materializa su marco de referencia en relación al ITRF (Marco Internacional de Referencia Terrestre, por sus siglas en inglés), SIRGAS ha sido adoptado por varios países de la región con la finalidad de mantener unificado el sistema geodésico de referencia, lo cual ha implicado que se presente una problemática similar en la región con respecto a la transformación de su información desde los sistemas locales topocéntricos.

Con la constante demanda y aplicación de las técnicas de posicionamiento satelital, es necesario que se realice una metodología para compatibilizar la geoinformación, de manera que se estandarice, actualice y, sobre todo evite la obsolescencia de la cartografía existente, así se puede evitar una inversión innecesaria en elaborar nuevamente la información georreferenciada a un sistema geocéntrico, considerando que para realizar no solo es necesario un gran aporte económico, sino de tiempo y especialmente capacidad y personal técnico especializado.

En el Ecuador existen investigaciones realizadas en este tema de la transformación de sistemas de referencia, por ejemplo, los Parámetros Oficiales de Transformación IGM (Instituto Geográfico Militar) se aplican a escalas menores a 1 : 25 000, en este estudio se aplicó una transformación conforme para calcular siete parámetros (Leiva C., 2003). Posterior a esto se posicionaron más puntos de la red clásica, y se calcularon nuevamente los parámetros de transformación hacia las diferentes realizaciones del ITRF utilizando el Modelo de Velocidades para SIRGAS 2009 (VEMOS2009), alcanzado mejores resultados en las diferencias del error, es decir, la escala de aplicación es de 1: 15 000 y menores (Santacruz A., 2010). Finalmente, un estudio realizado en área local, determinó que el cálculo de parámetros de transformación entre coordenadas proyectadas (Este – Norte), puede lograr mejores resultados para fines de estudios catastrales o cartografía temática de detalle (Romero, R., & Tierra A., 2012), obviamente para un alcance nacional, se debe tener en cuenta las zonas de proyección y su distorsión, con respecto a la calidad de los parámetros.

En vista de las anteriores acotaciones, se propone el presente proyecto para desarrollar otra metodología que permita mejorar los resultados anteriores y tener mayor alcance sobre la transformación de la cartografía.

Contenido

Es importante mencionar que las anteriores investigaciones emplearon la técnica del ajuste por mínimos cuadrados con coordenadas cartesianas (X, Y, Z) para determinar los parámetros de transformación, lo cual implica que para convertir a coordenadas cartesianas del sistema PSAD56, estas se ven afectadas por un error en la estimación de la altura elipsoidal, debido a que esta altura en los sistemas topocéntricos es desconocida (Vaniceck, P., & Steeves, R., 1996; Grafarend, E. et al, 1995), en la ecuación 01 se aprecia la influencia de la altura elipsoidal (h) en el cálculo de las coordenadas cartesianas.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (N+h)\cos\varphi\cos\lambda \\ (N+h)\cos\varphi\sin\lambda \\ (N(1-e^2)+h)\sin\varphi \end{bmatrix} \quad (01)$$

Donde,

$$N = \frac{a}{(1-e^2\sin^2\varphi)^{1/2}} \quad (02)$$

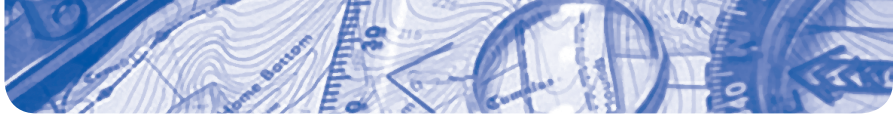
Es la primera vertical del punto sobre el elipsoide, con coordenadas (Φ , λ) y, e^2 , es la primera excentricidad.

Por las razones expuestas, se tiene previsto realizar la transformación empleando únicamente coordenadas curvilíneas (latitud, longitud) o coordenadas proyectadas (Este, Norte), de esta forma se elimina la influencia de la altura elipsoidal, lo cual sigue su lógica en la práctica, en el sentido que los usuarios/clientes de cartografía se familiarizan con este tipo de coordenadas para su aplicación en los diferentes proyectos.

Sin embargo, con las anteriores ecuaciones es posible tener coordenadas cartesianas en ambos sistemas, lo cual sirve para la determinación de los parámetros, mediante la técnica de ajuste de mínimos cuadrados como se explica a continuación.

1. Método de mínimos cuadrados

El ajuste por el método de mínimos cuadrados es utilizado para obtener valores únicos de parámetros que respondan a un fenómeno en estudio o modelo matemático a partir de una cantidad determinada de observaciones, de tal manera que la suma de los residuos al cuadrado sea mínima (Wells D., & Krakiwsky E., 1971).



En este caso de estudio, el método de mínimos cuadrados es utilizado para calcular parámetros de transformación que mejor se ajusten a las diferencias entre el desplazamiento del origen (traslaciones), orientación de los ejes (rotaciones) y distorsión del sistema (escala), aplicando diferentes modelos de transformación de similitud como por ejemplo Bursa-Wolf, Molodensky-Badekas, Veis y Vanicek-Wells, entre los más utilizados (Leick A. & and H.W. van Gelder B., 1975).

Los anteriores modelos son utilizados desde un enfoque general de transformación lineal que generalmente calcula 7 parámetros de transformación, comprendidos en 3 traslaciones, 3 orientaciones de los ejes y un diferencial de escala, como se puede apreciar en la figura 1.

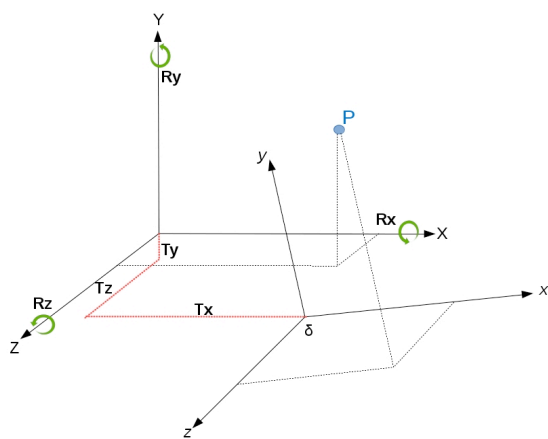


Figura 1. Parámetros de Transformación entre Sistemas de Referencia

Se utiliza una transformación conforme o de similitud por la ventaja que es una transformación netamente lineal, lo cual implica que no existirá distorsiones en la transformación de la cartografía, es decir, mantiene la forma y la superficie.

El modelo matemático de transformación que se utiliza generalmente viene dado por una matriz de traslación, de rotación y un diferencial de escala, de ahí que las diferentes modificaciones de los modelos antes nombrados tienen su particularidad en cada modelo, pero generalmente la ecuación matricial de transformación matricial viene dada por:

$$[x_i] = [T] + (1 + \delta)[R][x_j] \quad (03)$$

Donde,

x_i = Coordenadas cartesianas transformadas al sistema i
 T = Traslaciones de los ejes X, Y, Z
 δ = Diferencial de escala
 R = Matriz de rotación
 x_j = coordenadas cartesianas en el sistema j

De esta forma, se puede calcular los parámetros de transformación aplicando:

$$X = (A^T P A)^{-1} A^T L \quad (04)$$

T representa la matriz transpuesta

Donde,

X = matriz de los parámetros calculados
 A = matriz de coeficientes
 P = matriz de pesos (si no se cuenta con pesos, P = matriz identidad $[I]$)
 L = vector de las observaciones

Como se sabe, las observaciones (L) vienen afectadas por un grado de incertidumbre, lo que hace que la ecuación 4 sea inconsistente, obteniendo residuales (V).

$$V = AX + L \quad (05)$$

De aquí que el criterio de mínimo cuadrado consiste en:

$$V^T P V = \min \quad (06)$$

2. Datos preliminares

Los datos principales para la transformación entre sistemas de referencia, es tener coordenadas comunes en ambos sistemas de referencia distribuidos uniformemente en el territorio de estudio y con análisis de sus distorsiones o residuales en el ajuste (caso ideal). Lamentablemente, no se cuenta con la información del ajuste fundamental de la Red Geodésica Clásica PSAD56, por lo que no se tiene la certeza de sus precisiones.

Con esta consideración, se ha posicionado los puntos PSAD56 con receptores GPS de doble frecuencia (L1/L2) principalmente en los vértices de primer y segundo orden, mientras que en zonas que no se ha podido hacer el reconocimiento de los vértices, se han posicionados en vértices de tercer orden. Para mayor entendimiento, sobre este reconocimiento, se presenta la siguiente tabla diferenciando cada orden de la red PSAD56.

Tabla I. Características de la Red Geodésica PSAD56.

Orden	Precisión de mínima distancia	Puntos recuperados
Primer	1: 125 000	62
Segundo	1: 75 000	52
Tercer	1: 50 000	25

Fuente: Proceso Geodesia – Gestión Investigación y Desarrollo. IGM.

De la tabla anterior, la precisión de mínima distancia es el resultado de un cálculo entre la precisión de las distancias entre los puntos de la red y la distancia entre estos puntos (ASPRS, 1990), esta relación se observa en la siguiente ecuación:

$a = d/s$ (07)

Donde,

- a= denominador de la precisión de la distancia mínima
- d= desviación estándar de la distancia entre puntos del levantamiento, se obtiene por mínimos cuadrados.
- S= distancia entre los puntos del levantamiento.

Como se observa en la tabla I, la mayoría de los vértices posicionados pertenecen a la red de primer y segundo orden por lo que se busca que los resultados finales de la transformación no se vea afectada por los errores sistemáticos presentes en la selección, distribución y distancias de los puntos comunes (Kutoglu, H., & Vaniceck, P., 2006).

Los vértices posicionados fueron procesados en su totalidad obteniendo coordenadas en el marco de referencia ITRF08, época 2013.9 con precisiones milimétricas. Por otro lado, las coordenadas de los puntos que fueron

posicionados hasta el año 2010 se encuentran en el referenciadas en SIRGAS95, es decir, ITRF94, época 1995.4, por lo tanto, se necesita tener todo el elenco de coordenadas en un solo marco y época de referencia y, posteriormente desarrollar la metodología para la transformación entre PSAD56 e ITRF, esto también implica un inconveniente en la transformación de las épocas, debido a que el VEMOS2009 fue procesado en el ITRF05, época 2005.0, esto significa que las soluciones de las coordenadas fueron procesadas con estrategias y modelos diferentes a las coordenadas obtenidas en el proyecto, además, el estudio de las series de tiempo de las estaciones que forman parte de VEMOS2009 fue fijado en 2005.0, lo cual también deja fuera del estudio del comportamiento de las vértices posicionados sobre PSAD56.

Para resumir lo anterior, se puede observar en la figura 2, la distribución de los puntos seleccionados para desarrollar la presente metodología, en donde se puede apreciar en la amazonía ecuatoriana no existen los suficientes puntos reconocidos para determinar mejor homogeneidad en el cálculo, esto se debe principalmente a la poca información de registros de campo o monografías que detalle de mejor manera su ubicación y acceso al mismo. Además es importante considerar que la región que no está dentro del área de aplicación, en su mayoría está constituida por vegetación o comunidades reducidas en donde se pueden generar proyectos de levantamientos de geoinformación con posicionamiento satelital, pero, en la zona norte de la amazonía, se encuentran las concesiones petroleras que han trabajado desde la década de los 70's, por lo tanto su información geoespacial referenciada en PSAD56 tendrá otro tipo de tratamiento para transformar su cartografía.

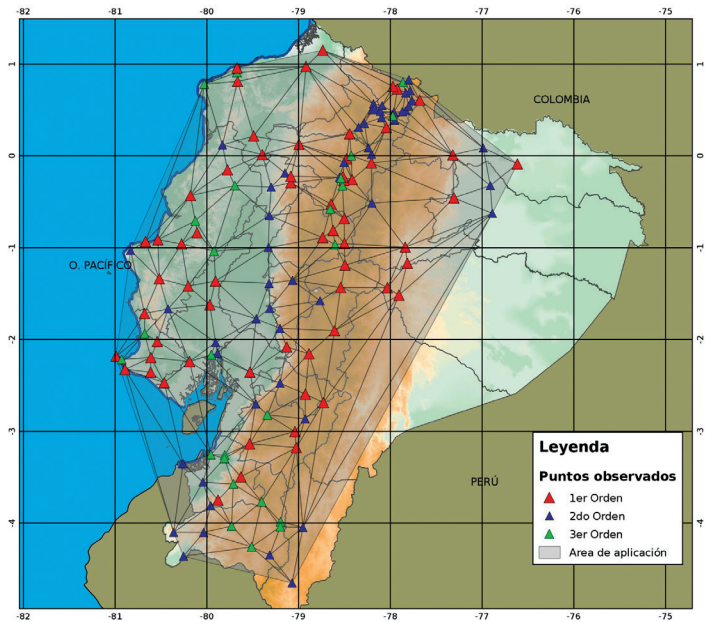
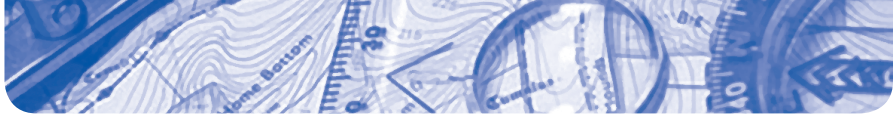


Figura 2. Puntos reconocidos y posicionados de la Red PSA56 desde 2003-2013
Fuente: IGM- Datos Proyecto



Resultados Esperados

- Como se dijo anteriormente y en vista de los resultados alcanzados en las anteriores investigaciones, la finalidad del proyecto será determinar y establecer una metodología que permita transformar las coordenadas desde un sistemas de referencia topocéntrico a un sistema geocéntrico, compatible con escalas menores a 1: 10 000 dentro del área de aplicación. Lógicamente se busca mejorar y refinar mucho más los resultados finales, es decir que se buscará otro tipo de metodologías (por ejemplo: redes neuronales artificiales) para lograr la compatibilizar con escalas catastrales de mayor detalle.
- Por otro lado, las zonas que queden fuera del área de aplicación, podrán replicar esta metodología con los datos locales y, en caso de no tenerlo, se debe desarrollar otro tipo de metodología para solucionar esta problemática.

Referencias Bibliográficas

- American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, "ASPRS accuracy standards for large-scale maps", PE&RS Journal, Julio, 1990 .
- Grafarend E., Krumm F. & Okeke F., "Curvilinear geodetic datum transformation", Z.f. Vermessungswesen 120: 334-350 Stuttgart, 1995.
- Kutoglu, H.S. & Vaniceck, P., "Effect of common point selection on coordinate transformation parameter determination", Studia Geophysica et Geodaetica, 50: 525-536, Marzo, 2006.
- Leick, A., & B.H.W. van Gelder, "On the similarity transformation and Geodetic Network Distortion based on Doppler satellite observation", Reporte 235, Columbus OH, The Ohio State University, Department of Geodetic Sciences, 1975.
- Leiva, C., "Determinación de parámetros de transformación entre los sistemas geodésicos de referencia PSAD56 y WGS84 para el país", Tesis de grado, Escuela Politécnica del Ejército, Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente, Febrero, 2003.
- Romero, R. "Transformación entre sistemas de referencia PSAD56 y SIRGAS utilizando una red neuronal artificial", Tesis de grado, Escuela Politécnica del Ejército, Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente, Febrero 2012.
- Santacruz, A., "Transformación entre el sistema PSAD56 y los Marcos de Referencia ITRF utilizando modelos de Helmert y velocidades de placas tectónicas VEMOS", Tesis de grado, Escuela Politécnica del Ejército, Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente, Junio 2010.
- Vaniceck, P., & Steeves, R., "Transformation of coordinates between two horizontals geodetic datums", Journal of Geodesy, 70: 740-745, Mayo 1996.
- Well, D. & Krakiwsky E., "The method of Least Squares", Lectures Note 18, University of New Brunswick, Geodesy and Geomatic Engineering, Mayo, 1971.

Estimación del contenido de vapor de agua precipitable a partir de observaciones GNSS

*Ing. Christian G. Pilapanta • christian.pilapanta@mail.igm.gob.ec

**Ing. Alfonso R. Tierra • artierra@espe.edu.ec

*Andrea S. Viteri • asviteri@espe.edu.ec

*Gestión de Investigación y Desarrollo

**Grupo de Investigación en Tecnologías Espaciales. Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE

Resumen

Una de las variables atmosféricas de mayor importancia utilizada hoy en día en estudios y generación de modelos climatológicos, así como en actividades de interés ambiental, prevención de riesgos, predicción de desastres naturales y control de inundaciones, es el denominado vapor de agua precipitable.

Esta variable como tal, desde el punto de vista físico-químico de su estructura y composición, es la responsable de la mayor parte de los procesos que se generan en la denominada atmósfera neutra, actuando en principio como un medio de difusión energética, así como un componente primordial en el desarrollo continuo del ciclo hidrológico.

Sin embargo y pese a la importancia que conlleva su determinación, los altos costos que implica obtener instrumentación avanzada y sobre todo especializada para la determinación de su contenido en la atmósfera, ha dado lugar a la generación de nuevas técnicas y metodologías de cálculo capaces de determinar dichos valores de la forma más exacta posible, sin la necesidad de instalar equipos climatológicos de última generación, cuyos costos muchas de las veces sobrepasan los montos lógicos para cumplir el fin requerido.

Es así que, gracias a que los diferentes sistemas globales de navegación satelital, GNSS, se fundamentan en el uso de señales radio-eléctricas transmitidas de forma continua desde satélites geoestacionarios hacia receptores ubicados a lo largo y ancho del planeta, es posible estudiar de una forma general, los diferentes componentes presentes en la atmósfera a lo largo de la trayectoria de viaje de la onda, basándonos únicamente, en el cálculo de su longitud promedio a través del procesamiento de la información y el uso de leyes y principios físicos relacionables entre sí.

En el presente artículo se da a conocer, una visión general del proceso de cálculo que se emplea en la actualidad para la determinación del contenido de vapor de agua precipitable en la atmósfera, basado principalmente en el uso de observaciones GPS y el establecimiento de funciones matemáticas relacionales entre las leyes y principios físicos de la óptica y los fundamentos generales de la geodesia satelital.

Abstract

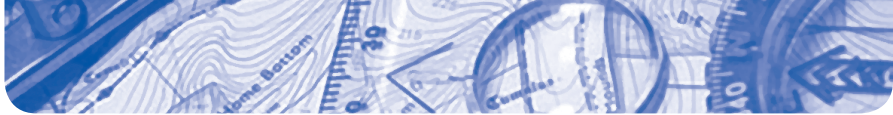
One of the most important atmospheric variables used in the study and generation of climatological models, as soon as, in environmental activities, risk prevention, prediction of natural disasters and flood control, is called precipitable water vapor.

This variable, from a purely physical and chemical point of view of its structure and composition, is responsible for most of the processes within the so-called neutral atmosphere of the Earth, causing it act as a dispersion medium and as a primary component in the water cycle.

However, due to the high purchase cost involved in buying advanced and specialized instrumentation for the determination of its content in the atmosphere, new techniques and calculation methodologies have been generated, which are able to determine these values as accurately as possible, which are able to determine those values as accurately as possible, without the need to install weather instruments of last generation, with costs higher than those established for the required purpose.

So, taking into consideration the fact that all different Global Navigation Satellite Systems, GNSS, are based on the use of radio signals, which are transmitted continuously from geostationary satellites to receivers installed around the world, it is possible to study different components present in the atmosphere along the path of travel of the wave, based on, in the calculation of your average length through the processing of information and the use of basic physical laws and general mathematical principles.

The main purpose of this article, is to give an overview of the calculation process currently used for determination of precipitable water vapor in the atmosphere, mainly based on the use of GPS observation data and the establishment of mathematical relational functions between physical laws and principles of optics, as well as the general theory of satellite geodesy.



Introducción

Al igual que toda onda electromagnética, la señal GPS, sufre una alteración en su estructura al momento que esta atraviesa las diferentes capas de la atmósfera terrestre; esto se debe en principio, a que al ser la atmósfera un medio dispersivo, la trayectoria de la señal siempre se vera afectada de forma directa, producto de la interacción entre los componentes físico-químicos del medio y la onda como tal.

Basados en este concepto, una de las actividades de mayor relevancia en el posicionamiento satelital, se concentra en el modelamiento de la dispersión de la señal GPS al momento que esta pasa por la atmósfera, fenómeno conocido como refracción o retraso atmosférico.

La determinación de este fenómeno, sin embargo, conlleva a la necesidad de poseer un vasto conocimiento sobre las propiedades físico-químicas de cada una de las capas que conforman la atmósfera, así como la disponibilidad de datos y/o información que logre representar de la mejor forma posible, la realidad climatológica propia del sitio.

Pese a todo esto, un aspecto de gran connotación en este proceso, es aquel relacionado con el cálculo del denominado vapor de agua precipitable, definido como la medida estimada de la cantidad de agua existente en una columna de agua si todo el vapor contenido en la misma se condensara y se precipitara; algo que solo es posible gracias a que, al poder expresarse el retraso como función del contenido total de partículas en el medio, también es posible calcular el contenido de agua condensada en este, mediante una relación sencilla de proporcionalidad.

Es así que, a lo largo de las siguientes páginas se pretende establecer los diferentes aspectos de importancia a ser considerados en la determinación del vapor de agua precipitable mediante el uso de las leyes físicas de gases, el uso de aspectos simples de la óptica y la teoría del GPS.

Contenido

Refracción o retraso atmosférico de una señal electromagnética. Generalidades

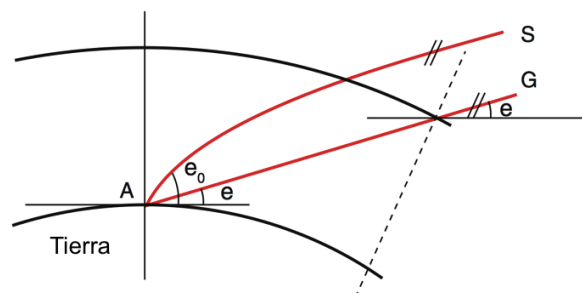


Figura 1. Esquema general del retraso troposférico (Böhm, J. & Schuh, H. 2013)

Dado que la velocidad y trayectoria de las ondas electromagnéticas de la señal GPS (también denominada curva de propagación) se ven alteradas de forma directa por la composición físico-química de las diferentes capas de la atmósfera, se define como refracción atmosférica de la señal GPS, a la diferencia existente entre la trayectoria ideal de la onda, denotada por, y la distancia geométrica de la recta, denotada por (Sánchez, L. 2008) (Ver Figura 1). Es decir:

$$\Delta L = L - G \quad (1)$$

donde:

$$L = \int_A^B n(s) ds \quad (2)$$

la cual a su vez, es función del índice de refracción: siendo:

$$n = \frac{c}{v} \quad (3)$$

c la velocidad de propagación de la luz en el vacío (aproximadamente 299 792,458 m/s), y

v la velocidad de propagación de la luz en el medio.

Partiendo de este precepto, es lógico asumir que la refracción atmosférica de la señal GPS, poseerá un comportamiento diferente al pasar por cada una de las capas de la atmósfera, puesto que al depender su formulación del índice de refracción, este nunca será equivalente entre ellas. Así, las dos capas con mayor influencia en el deterioro de la señal GPS son: la tropósfera o también denominada atmósfera neutra (1 a 10 km de altura), debido en principio, a los cambios de presión, temperatura y al contenido de vapor de agua presente en su estructura y la ionósfera (50 a 1 000 km de altura) debido al proceso de ionización de las moléculas de gas presentes en el medio, por motivo de la influencia generada por la radiación ultravioleta y los rayos X provenientes del Sol.

El retraso atmosférico en la tropósfera

Principio de Fermat

Al igual que en el estudio físico del trayecto que sigue la luz al propagarse entre dos puntos A y B sobre un sistema óptico, el retraso atmosférico de la señal GPS, se fundamenta en el análisis del denominado Principio del Tiempo Mínimo o Principio de Fermat, el cual establece que: “el camino óptico recorrido por un rayo de luz al propagarse desde un punto A, a un punto B, es tal que, el camino óptico es estacionario respecto a las posibles variaciones de la trayectoria”, esto es:

$$L = \int_A^B n(s) ds \quad (4)$$

donde:

L representa el camino óptico recorrido por la luz (trayectoria ideal), y

$n(s)$ el índice de refractividad propio del medio.

Por consiguiente, y tomando a consideración que la trayectoria ideal que recorre la señal GPS, siempre será mayor a la trayectoria geométrica G , debido en principio, a que la velocidad de propagación de la onda siempre será menor en la atmósfera que en el vacío, se dice que, el retraso de la señal GPS, ΔL , es posible de ser determinado a través del desarrollo de la ecuación:

$$\Delta L = \int_A^B n(s) ds - G \quad (5)$$

O lo que es igual a:

$$\Delta L = 10^{-6} \int_A^B N(s) ds + S - G \quad (6)$$

donde:

$N(s)$ Coíndice de refractividad, denotado por:

$$N(s) = (n(s) - 1) \cdot 10^6 \quad (7)$$

El uso del coíndice en lugar del índice de refractividad se da, debido a que, para el caso de la atmósfera neutra de la Tierra, el término $n(s)$ es próximo a la unidad (Böhm, J. & Schuh, H. 2013), por lo cual se hace mucho más conveniente trabajar con el coíndice de refractividad a fin de evaluar de forma más exacta el valor del retraso atmosférico a lo largo de la trayectoria S .

Ahora bien, dado que el coíndice $N(s)$ es capaz de ser dividido en un término seco, $N_h(s)$ y un término húmedo $N_w(s)$ para señales de radio con frecuencias entre los 100 MHz y los 20 GHz (Smith, E & Weintraub, S. 1953) con la finalidad de modelar de mejor forma los dos estados de agregación de la materia (líquido y sólido), y, partiendo de que, el término $S - G$ presente en la ecuación (7) es insignificante en la tropósfera (Sánchez, L. 2008), se dice que el retraso troposférico expresado en términos de sus coíndices $N_h(s)$ y $N_w(s)$ da como resultado la ecuación:

$$\Delta L = 10^{-6} \int_A^B N_h(s) ds + 10^{-6} \int_A^B N_w(s) ds \quad (8)$$

siendo:

$$\Delta L_h^z = 10^{-6} \int_{h_g}^{h_m} N_h(z) dz \quad (9)$$

el retraso troposférico seco o también llamado retraso hidrostático (hydrostatic path delay), y:

$$\Delta L_w^z = 10^{-6} \int_{h_g}^{\infty} N_w(z) dz \quad (10)$$

el retraso troposférico húmedo (wet path delay), ambos evaluados en el cenit.

Cálculo del coíndice de refractividad

En general, el cálculo del coíndice de refractividad se sustenta en las ecuaciones desarrolladas por Essen, L. & Froome, D. en 1951, los mismos que definen al coíndice $N(s)$, como una función directa de la presión, temperatura y humedad del medio, a través de la ecuación:

$$N = k_1 \frac{p_d}{T} Z_d^{-1} + k_2 \frac{p_w}{T} Z_w^{-1} + k_3 \frac{p_w}{T^2} Z_w^{-1} \quad (11)$$

donde:

T representan la temperatura del medio,

p_d, p_w las presiones del aire seco (dry) y húmedo (wet) respectivamente, y

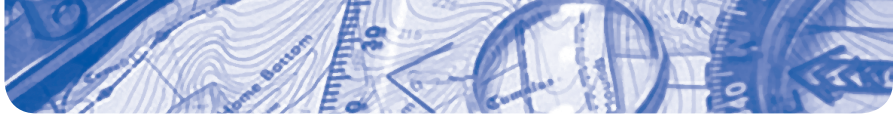
Z_d, Z_w los factores de compresibilidad del aire seco (dry) y húmedo (vapor de agua), denotados por:

$$Z_i = \frac{p M_i}{\rho_i R T} \quad (12)$$

siendo:

M_i la masa molar del aire, y

R la constante universal de los gases.



En el caso de los coeficientes, y, los mejores valores promedio obtenidos al momento, son aquellos calculados por Rüeger, J. en 2002a,b correspondientes a dos diferentes concentraciones de dióxido de carbono (CO₂) (Ver tabla 1).

Tabla 1. Coeficientes del coíndice de refracción a diferentes concentraciones de CO₂.

Concentración CO ₂	k ₁ (K/hPa)	k ₂ (K/hPa)	k ₃ (K ² /hPa)
375 ppm CO ₂	77.6890	71.2952	375463
392 ppm CO ₂	77.6900	71.2952	375463

Rüeger, J. en 2002a,b

Finalmente, y para simplificar en gran parte, el cálculo de los diferentes coíndices de refractividad (seco y húmedo), es posible reescribir la ecuación (11), mediante la inclusión de la fórmula general del factor de compresibilidad, de forma que:

$$N = k_1 \frac{R}{M_d} \rho + k_2 \frac{p_w}{T} Z_w^{-1} + k_3 \frac{p_w}{T^2} Z_w^{-2} \quad (13)$$

siendo:

$$k'_2 = k_2 - k_1 \frac{M_w}{M_d} \quad (14)$$

Con lo cual se obtiene que:

$$N_h = k_1 \frac{R}{M_d} \rho \quad (15)$$

y:

$$N_w = k'_2 \frac{p_w}{T} Z_w^{-1} + k_3 \frac{p_w}{T^2} Z_w^{-2} \quad (16)$$

Retraso troposférico seco

Partiendo de las ecuaciones (9) y (15) se establece que el retraso troposférico seco en el cenit, es susceptible de cálculo a partir de la igualdad:

$$\Delta L_k^z = 10^{-6} \int_{h_0}^{\infty} k_1 \frac{R}{M_d} \rho(z) dz \quad (17)$$

la cual, mediante el uso de la ecuación hidrostática:

$$\frac{dp}{dz} = -\rho(z) g(z) \quad (18)$$

y luego de su respectiva integración bajo ciertas condiciones predefinidas (presión p_0 y altura elipsoidal h_0):

$$p_0 = \int_{h_0}^{\infty} \rho(z) g(z) dz \quad (19)$$

$$p_0 = g_{eff} \int_{h_0}^{\infty} \rho(z) dz \quad (20)$$

donde:

g_{eff} representa la gravedad efectiva promedio, la cual viene denotada por:

$$g_{eff} = g_m \cdot f(\theta, h_0) \quad (21)$$

Se obtiene que, el retraso troposférico seco en el cenit, es igual a:

$$\Delta L_k^z = 10^{-6} k_1 \frac{R p_0}{M_d g_m \cdot f(\theta, h_0)} \quad (22)$$

Donde:

$$g_m = 9.7840 \text{ m/s}^2 \quad (23)$$

y:

$$f(\theta, h_0) = g_m (1 - 0.00266 \cos 2\theta - 0.28 \cdot 10^{-6} h_0) \quad (24)$$

Dando como resultado:

$$\Delta L_k^z = 0.0022768 \frac{p_0}{f(\theta, h_0)} \quad (25)$$

Retraso troposférico húmedo

Al igual que para el caso anterior, si partimos de la combinación de las ecuaciones (10) y (16), es posible obtener la fórmula general del retraso cenital húmedo:

$$\Delta L_w^z = 10^{-6} \left[\int_{h_0}^{\infty} \left(k'_2 \frac{p_w}{T} Z_w^{-1} \right) dz + \int_{h_0}^{\infty} \left(k_3 \frac{p_w}{T^2} Z_w^{-2} \right) dz \right] \quad (26)$$

Sin embargo, y a diferencia del retraso cenital seco, el uso de la ecuación antes citada, conlleva un gran problema, puesto que, al ser el modelo dependiente de los factores de compresibilidad, es también dependiente de la determinación y cálculo de la variabilidad del contenido de vapor de agua precipitable, algo que sin los medios e instrumentación necesaria no es posible de establecer sin antes resolver el retraso troposférico húmedo como tal.

Es así como, en el año de 1972, Saastamoinen, J. propone determinar el valor del retraso troposférico húmedo a partir del uso de una relación simple basada en la ley de gases ideales. Esta es:

$$\Delta L_k^z = 0.0022768 (1255 + 0.05 T_0) \frac{p_{w0}}{T_0} \quad (27)$$

siendo:

p_{w0} la presión del vapor de agua, y

T_0 la temperatura superficial del sitio.

Pese a que el modelo propuesto goza de una gran acogida debido a su simplicidad de manejo y alta eficacia, hoy en día, el uso de este y/u otros modelos similares como los desarrollados por Hopfield, H. en 1969, o el establecido por Mendes, V. & Langley, R. en 1998, dependerá en gran medida de las condiciones individuales de cada punto observado, por lo cual, no existe un modelo estandarizado a ser utilizado en especial.

Cálculo del contenido de vapor de agua precipitable

Una vez obtenidos los retrasos troposféricos cenitales, de forma particular, el retraso troposférico húmedo, es posible establecer una relación directa entre el valor de dicho retraso y el contenido de vapor de agua existente a lo largo de la trayectoria recorrida por la señal GPS. De esta manera se dice que el vapor de agua precipitable, PWV , en términos del retraso cenital húmedo, es igual a:

$$PWV = \kappa \Delta L_{\nu}^z \quad (28)$$

siendo:

κ una constante adimensional propia del modelo, definida como:

$$\kappa = \frac{\Pi}{\rho_{w,l}} \quad (29)$$

y:

$\rho_{w,l}$ la densidad del agua en estado líquido, expresada en kg/m^3 , así como

Π una constante de proporcionalidad, definida a partir de la ecuación:

$$\Pi = \frac{10^6 M_w}{\left[k_2' + \frac{k_3}{T_m} \right] R} \quad (30)$$

Con lo cual, el contenido de vapor de agua precipitable queda representado a través de la expresión matemática:

$$PWV = \frac{\left[k_2' + \frac{k_3}{T_m} \right] R}{\rho_{w,l}} \Delta L_{\nu}^z \quad (31)$$

La precisión en el modelo podrá ser obtenida a través de la derivación parcial del término más influyente en la ecuación, es decir de la constante de proporcionalidad respecto a la temperatura media:

$$\frac{\partial \Pi}{\partial T_m} = \frac{10^6 M_w k_3}{\left[k_2' + \frac{k_3}{T_m} \right] R T_m^2} \quad (32)$$

Acorde a Fölsche, U. 1999., el contenido de vapor de agua precipitable equivale aproximadamente al 0.16 del valor total del retraso troposférico húmedo, siendo capaz de variar su valor en más del 15% en función de la latitud que ocupe el punto, así como de su época de rastreo.

Determinación del contenido de vapor de agua precipitable en el Ecuador

En el año 2013, como parte del Programa de Investigación “Cambio del Referencial Geodésico del Ecuador”, Proyecto “Determinación del Marco de Referencia Geodésico del Ecuador”, desarrollado por el Instituto Geográfico Militar en cooperación con la universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, se procedió a la adquisición e instalación parcial de 21 sistemas de medición meteorológico, compatibles operacionalmente con la infraestructura geodésica de la Red GNSS de Monitoreo Continuo del Ecuador, REGME.

La razón principal de esto se centra en que, al ser los sistemas de medición, equipos especializados para ser utilizados en el área geodésica, estos son capaces de generar información climatológica (presión, temperatura y humedad relativa) correlacionada con la información proveniente de las estaciones GNSS, lo cual mejora en gran medida el modelamiento matemático de variables como el retraso troposférico o el contenido de vapor de agua precipitable.

Para la selección de las estaciones GNSS en las cuales se incorporaron los 21 sistemas meteorológicos adquiridos, se realizó un estudio general de la infraestructura geodésica de la REGME (localización, capacidad tecnológica, altitud), así como de variables propias del territorio nacional como son los tipos de clima, microcuencas, valores de precipitación anual y demás detalles climáticos y espaciales, necesarios para la definición de las zonas con mayor variabilidad climática, zonas a ser empleadas como los sitios óptimos para la instalación de los sistemas de medición meteorológicos (Ver figura 2). Parte del estudio citado puede ser visto en Pilapanta, C., Viteri, A. & Tierra, A. 2013.

De esta manera los dos objetivos principales del proyecto son: la determinación del marco de referencia geodésico del Ecuador, basado en estándares internacionales y apegado a la realidad del territorio nacional, así como la generación de un modelo de retraso troposférico capaz de minimizar al máximo el error ocasionado por la atmósfera neutra en el posicionamiento satelital y con ello obtener soluciones posicionales de alta precisión.

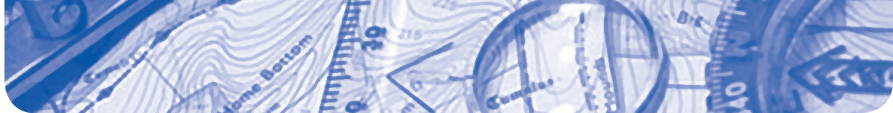


Figura 2. Mapa de las estaciones GNSS seleccionadas para la incorporación de los sistemas MET4A.

Referencias Bibliográficas

- Böhm, J. & Schuh, H. 2013. Atmospheric Effects in Space Geodetic. Springer Atmospheric Sciences. 73 – 136. doi: 10.1007/978-3-642-36932-2_1
- Essen, L. & Froome, D. 1951. The refractive indices and dielectric constants of air and its principal constituents at 24,000 Mc/s. Proc. Phys Soc. B, 64(10):862–875. doi:10.1088/0370-1301/64/10/303.
- Fölsche, U. 1999. Tropospheric water vapor imaging by combination of spaceborne and ground-based GNSS sounding data. PhD thesis, Univ. Graz, Graz, Austria.
- Hopfield, H. 1969. Two-quartic tropospheric refractivity profile for correcting satellite data. J. Geophys. Res., 74:4487–4499, doi:10.1029/JC074i018p04487.
- Mendes, V. & Langley, R. 1998. Tropospheric zenith delay prediction accuracy for airborne GPS high-precision positioning. In Proc. of ION GPS-98, pages 337–347, Nashville, TN, USA.
- Pilapanta, C., Viteri, A. & Tierra, A. 2013. Análisis, evaluación y comparación de los nuevos modelos desde propagación atmosférica, con datos obtenidos por parte del sistema de medición meteorológico MET4 ubicado en la estación GNSS ESPE – Ecuador. Memorias Técnicas de la Reunión SIRGAS 2013. Ciudad de Panamá – Panamá.
- Rüeger, J. 2002a. Refractive index formulae for radio waves. In Proc. XXII FIG International Congress, Washington DC, USA. FIG. URL http://www.fig.net/pub/fig_2002/procmain.htm
- Rüeger, J. 2002b. Refractive indices of light, infrared and radio waves in the atmosphere. Technical report, UNISURV S-68, School of Surveying and Spatial Information Systems, The University of New South Wales, Australia.
- Saastamoinen, J. 1972. Atmospheric correction for the troposphere and stratosphere in radio ranging of satellites. In S. W. Henriksen et al., editors, The Use of Artificial Satellites for Geodesy, volume 15, pages 247–251, AGU, Washington, D.C.
- Sánchez, L. 2008. Introducción al uso del Software Bernese. Curso de Procesamiento Científico de Redes GNSS. Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut – DGFI.
- Smith, E. K., Weintraub, S. 1953. The Constants in the Equation for Atmospheric Refractive Index at Radio Frequencies. Proceedings of the Institute of Radio Engineers (I.R.E.), 41: 1035-1037.

Fotografía Aérea Métrica de la Antártica, obtenida a partir del empleo de un avión aéreo No tripulado cartográfico – U.A.V, en la Isla Greenwich - Punta Fort Williams – Estación Científica “Pedro Vicente Maldonado”

Capt. de E. Ing. Juan Pablo Gómez Espinoza • juan.gomez@mail.igm.gob.ec
Jefe de Geodesia - Gestión Cartográfica

Resumen

El Instituto Geográfico Militar - I.G.M, viene innovando su tecnología para la obtención de fotografías aéreas que permitan la generación de cartografía oficial del estado ecuatoriano. Al ser el ente rector de la cartografía nacional, tiene la responsabilidad primordial de elaborar cartografía en el Ecuador Continental, Insular y Antártico.

El continente Antártico posee características ambientales que ponen a prueba la supervivencia del hombre, fauna y flora. Al poseer características ambientales extremas, es casi imposible emplear un avión fotogramétrico convencional que permita obtener fotografía aérea del área de responsabilidad del Ecuador, puesto que se pondría en riesgo tanto la tripulación como el avión.

Por ello un grupo de profesionales del I.G.M, participó en la XVIII Expedición Científica a la Antártica - Estación Científica “PEDRO VICENTE MALDONADO”, con un Vehículo Aéreo no Tripulado Cartográfico – U.A.V, UX-5, para la obtención de fotografías aéreas que permitan generar cartografía 1:500 de la Estación Científica “PEDRO VICENTE MALDONADO” y 1:10 000 de la PUNTA FORT WILLIAMS, ISLA DE GREENWICH. Durante la XVIII expedición se pudo realizar 4 vuelos fotogramétricos, 2 de los cuales fallaron por las condiciones meteorológicas extremas y aspectos técnicos propios del avión y los 2 restantes permitieron obtener fotografía aérea completa de la Estación Científica “PEDRO VICENTE MALDONADO” y un 50% de fotografía aérea de la PUNTA FORT WILLIAMS.

Inicialmente se ha obtenido una Ortofoto de la Estación Científica “PEDRO VICENTE MALDONADO”, que está siendo evaluada con el firme objetivo de obtener un producto de calidad.

El empleo de U.A.V-Cartográfico en la generación de cartografía, implica acondicionar la tecnología tradicional a la tecnología aplicada en un U.A.V, ello implicará la generación de nuevas aplicaciones que permitan generar productos cartográficos de alta calidad.

Abstract

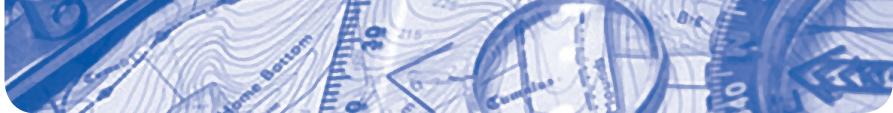
The Military Geographical Institute - IGM , has been innovating its technology to obtain aerial photographs that allow the generation of official maps of the Ecuadorian state . As the governing body of the national mapping, has the primary responsibility for developing mapping in Ecuador Continental, Insular and Antarctic.

The Antarctic continent has environmental features that test human survival wildlife . Possessing extreme environmental features is almost impossible to use a conventional photogrammetric aircraft to obtain aerial photograph of the area of responsibility of Ecuador , since it would jeopardize both the crew and the plane. So a group of professionals IGM , participates in the XVIII Scientific Expedition to Antarctica - Scientific Station “ PEDRO VICENTE MALDONADO “ with a Cartographic Unmanned Aerial Vehicle - UAV , UX- 5, to obtain aerial photographs to generate 1:500 mapping Research Station “ PEDRO VICENTE MALDONADO “ 1:10 000 JAG FORT WILLIAMS , ISLE OF GREENWICH.

During the eighteenth expedition was possible 4 flights photogrammetric , 2 of which failed due to extreme weather conditions and technical aspects of the aircraft and the remaining 2 were allowed for complete aerial photograph of the Scientific Station “ PEDRO VICENTE MALDONADO “ and 50% of aerial photograph of JAG FORT WILLIAMS.

Initially obtained a Ortofoto Research Station “ PEDRO VICENTE MALDONADO “ being evaluated with the firm objective of obtaining a quality product.

The use of UAV - Cartography cartography to generate, involves conditioning the traditional technology to applied technology in a UAV , this will entail the creation of new applications that can generate high quality mapping products .

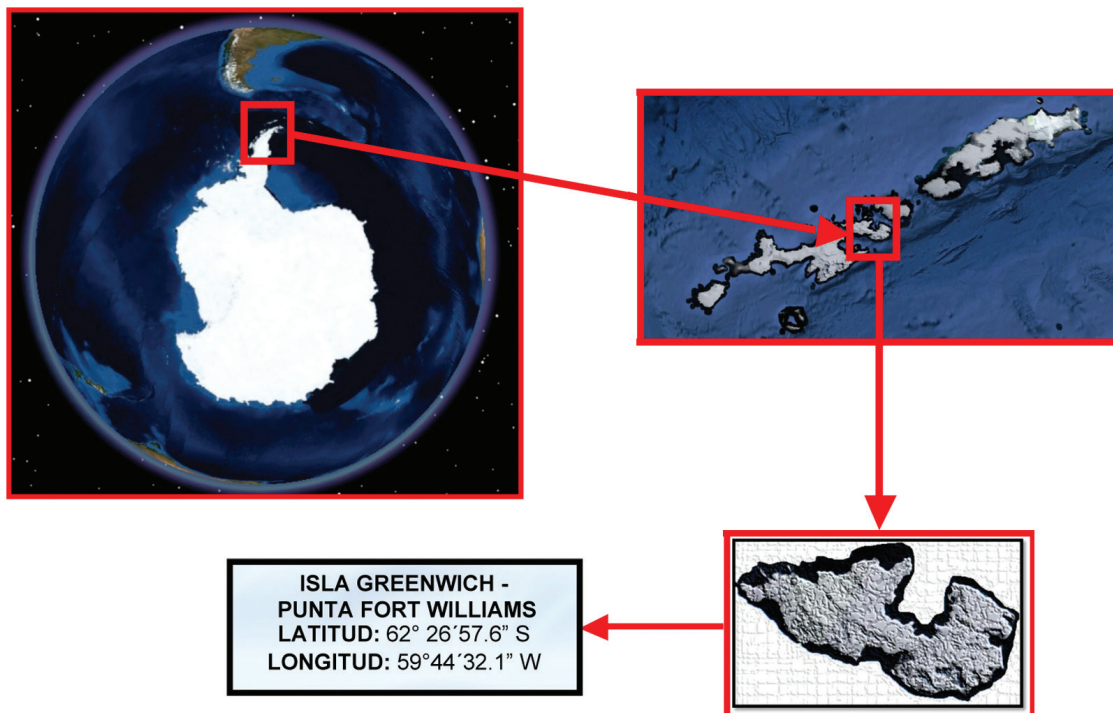


Introducción

El empleo de un U.A.V – Cartográfico, para la obtención y generación de cartografía oficial de la Antártica, en la PUNTA FORT WILLIAMS – ISLA GREENWICH y de la Estación Científica “PEDRO VICENTE MALDONADO” - PUNTA FORT WILLIAMS, marca un hito histórico en la generación de cartografía empleando medios

alternos debido a que es la primera vez que se emplea un U.A.V-C, en la ISLA DE GREENWICH – PUNTA FORT WILLIAMS – Estación Científica “PEDRO VICENTE MALDONADO”.

El área de estudio se encuentra:



Contenido

Para la obtención de fotografía aérea de la Estación Científica “PEDRO VICENTE MALDONADO” y de la PUNTA FORT WILLIAMS en la ISLA DE GREENWICH, para la generación de cartografía oficial de la Antártica, se empleó la siguiente alternativa:

a. EMPLEO DE UN VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO CARTOGRÁFICO

Marca: TRIMBLE
Modelo: UX 5



Características:

Hardware

- Tipo: Ala fija.
- Peso: 2,5 kg.
- Envergadura: 1 m.
- Superficie alar: 34 dm².
- Dimensiones: 100 cm x 65 cm x 10'5 cm.
- Material: Espuma de polipropileno expandido; estructura de fibra de carbono; materiales compuestos.
- Propulsión: Hélice eléctrica inversa; motor sin escobillas de 700 W.
- Batería: 14'8 V, 6000 mAh
- Cámara: 16'1 MP, sin espejo, sensor APSC, con objetivos personalizados de 15 mm.
- Controlador: Robusta Trimble Tablet PC.

Fig.1: U.A.V UX-5

Software

Posee los siguientes módulos:

- Administración de proyectos
- Planificación de misiones con opción de vuelos múltiples.
- Comprobación automatizada previa al vuelo.
- Despegue, vuelo y aterrizaje automático.
- Disparo de cámara autónomo.
- Rutinas de seguridad automáticas.
- Comandos de seguridad controlados por el usuario.
- Verificación automática de la coherencia de los datos.
- Exportación a Trimble Business Center y un formato genérico para el procesamiento de imágenes.

Operación

- Autonomía: 50 minutos
- Alcance: 60 km
- Velocidad de crucero: 80 km/h
- Techo de vuelo máximo: 5000 m
- Tiempo de configuración del sistema previo al vuelo: 5 minutos.

Despegue

- Tipo: Catapulta de lanzamiento.
- Ángulo: 30°

Aterrizaje

- Tipo: De vientre.
- Ángulo: 14°
- Espacio de aterrizaje (L x A):: 50 m x 30 m.
- Límite climático: 65 km/h y lluvia ligera
- Comunicaciones y frecuencia de control: 2.4 GHz.
- Comunicaciones y distancia de control: Hasta 5 km.

Rendimiento

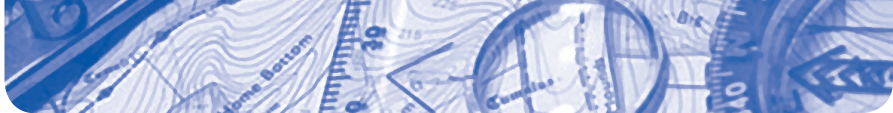
- Resolución (GSD): De 2,4 cm a 24 cm
- Altura sobre la ubicación de despegue (AGL): De 75 m a 750 m.

El área que puede cubrir el avión va a depender de la altura de vuelo como se presenta en la siguiente tabla:

TABLA DEL ÁREA DE COBERTURA

ALTURA GSD		COBERTURA DE VUELO Km2 (1)		COBERTURA DE VUELO Km2 (1)					
				70%		80%		90%	
75	m	2,4	cm	1,1	km2	0,8	km2	0,4	km2
100	m	3,2	cm	1,8	km2	1,2	km2	0,6	km2
150	m	4,8	cm	3,1	km2	2,1	km2	1	km2
200	m	6,4	cm	4,4	km2	3	km2	1,5	km2
250	m	8	cm	5,8	km2	3,8	km2	1,9	km2
300	m	9,6	cm	7,1	km2	4,7	km2	2,4	km2
400	m	12,8	cm	9,7	km2	6,4	km2	3,2	km2
500	m	16	cm	12,4	km2	8,2	km2	4,1	km2
750	m	24	cm	19	km2	12,7	km2	6,3	km2

(1) para una razón 2:1, que corresponde a un bloque de vuelo cuyo largo es el doble que el ancho. Es una buena aproximación del bloque de vuelo promedio¹.



Para la obtención del producto fotogramétrico se siguió el siguiente proceso:

- **Planificación de vuelo**

Se realizó la planificación de las líneas de vuelo, en el área de la Estación Científica “PEDRO VICENTE MALDONADO”;

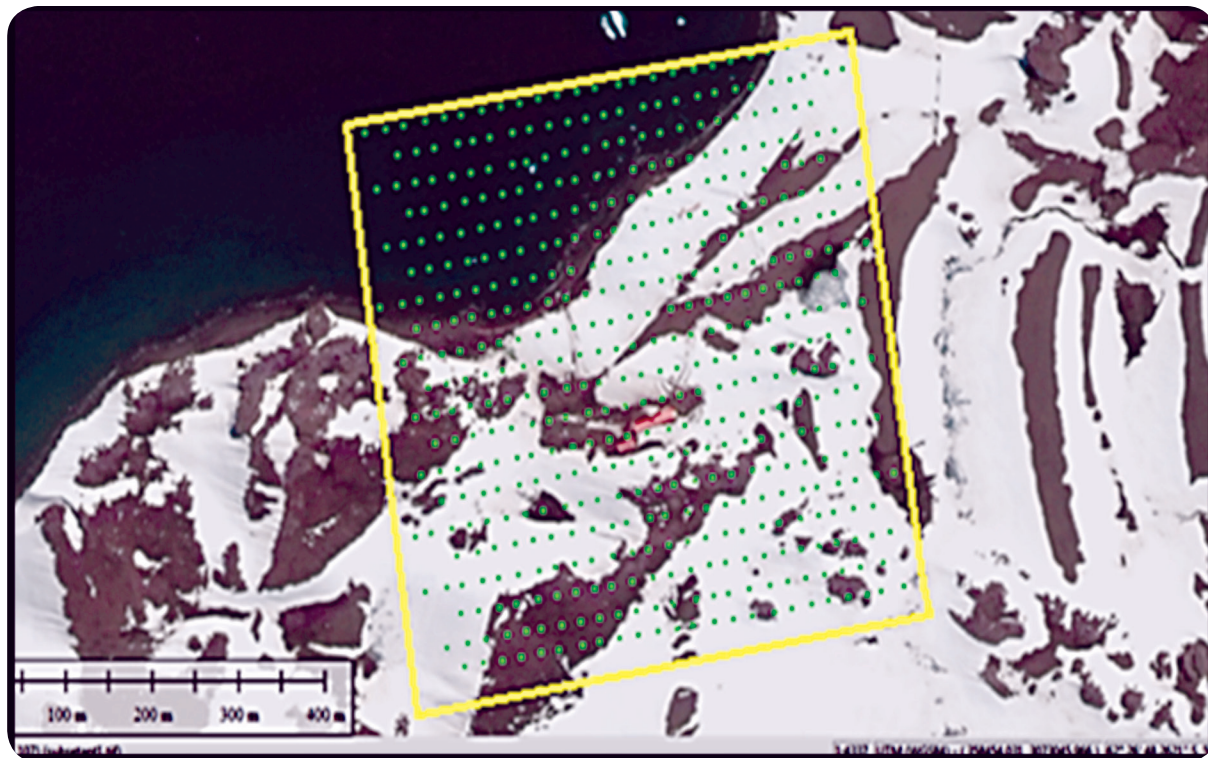


Fig.2: Planificación de líneas de vuelo en la Estación Científica “PEDRO VICENTE MALDONADO”.

y en la PUNTA FORT WILLIAMS:

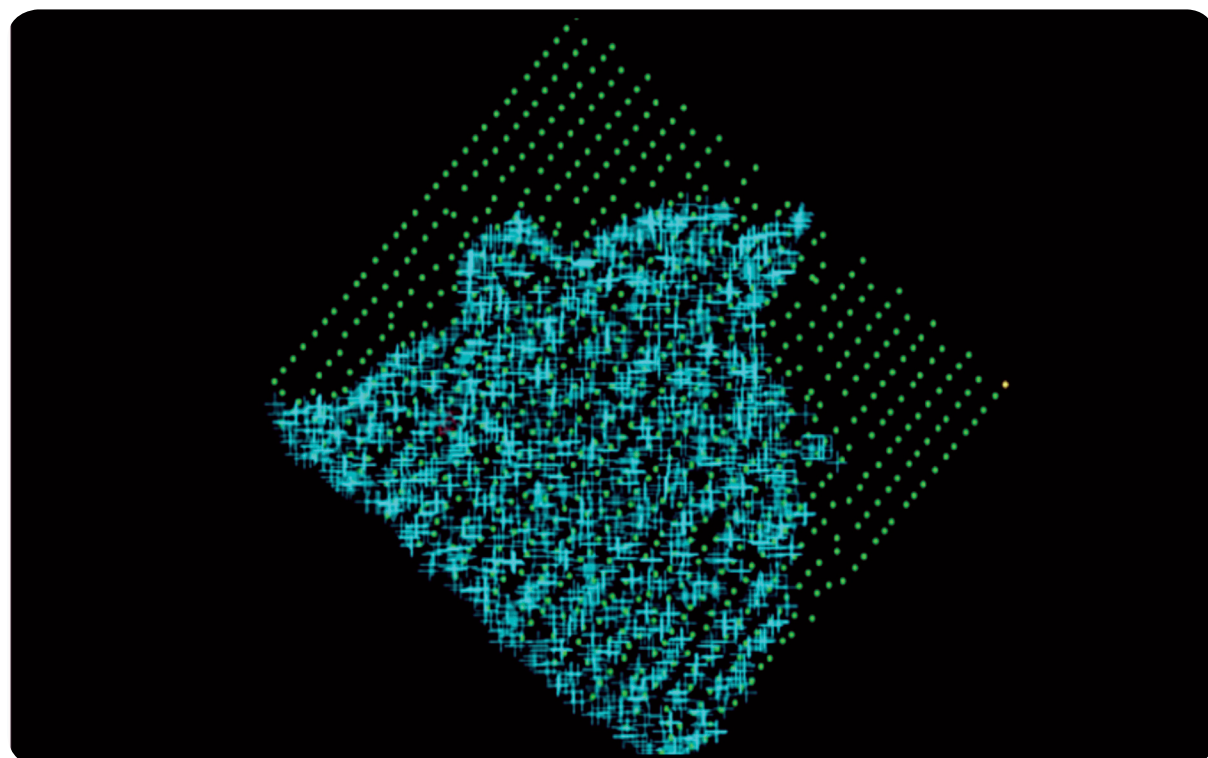


Fig.3: Planificación de líneas de vuelo en la PUNTA FORT WILLIAMS.

Para poder realizar la planificación de las líneas de vuelo de los sectores a ser fotografiados, se utilizó imágenes satelitales liberadas del Servicio Geológico de Estados Unidos – U.S.G.S y de la plataforma de google earth imágenes satelitales de los años: 2006 y 2014.

Obtenida estas imágenes se realizó trabajos de gabinete, tanto en Arc Gis como en la controladora Trimble Palet PC.

- **Planificación de control y ubicación de puntos painelados**

Se colocó 24 puntos painelados en el terreno, de 60cm x 60cm de color naranja en toda el área de estudio de la Estación Científica “PEDRO VICENTE MALDONADO”, con el fin de que estas marcas se logren reconocer e identificar en las fotografías aéreas para realizar foto-control que nos permite ajustar los puntos de tierra con la fotografía aérea.



Fig.4: Puntos painelados.

- **Toma de fotografía aérea**

Se realizó cuatro vuelos, dos de los cuales se obtuvo fotografía aérea del área y los dos restantes fallaron por motivos técnicos del avión y de las condiciones meteorológicas.

Primer vuelo:

Fecha: 25 de febrero de 2014

Parámetros de vuelo:

- Altura de Vuelo: 120 metros
- GSD: 3.84 cm
- Lugar: Isla de Greenwich –Estación Pedro Vicente Maldonado.
- Total de Fotografías Aéreas: 486
- Líneas de Vuelo: 20

Segundo vuelo:

Fecha: 09 de marzo de 2014

Parámetros de vuelo:

- Altura de Vuelo: 252 metros
- GSD: 6,4 cm
- Lugar: Isla de Greenwich – Punta Fort Williams.
- Total de Fotografías Aéreas: 825
- Líneas de Vuelo: 26

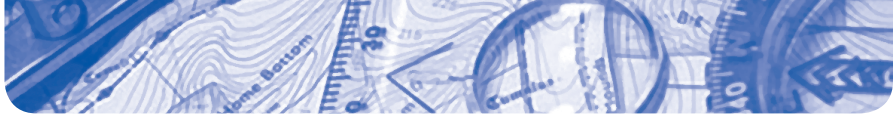
En este vuelo se logró tomar el 40% del sector en vista de que las condiciones meteorológicas no lo permitieron.

- **Posicionamiento GPS de alta precisión**

Tomada la fotografía aérea se procedió a posicionar con GPS de precisión, doble frecuencia, de los 24 puntos painelados. Para el posicionamiento se utilizó las estaciones de monitoreo continuo IGS 08: FALK (INGLATERRA), OHI2 (ANTÁRTIDA), PALM (ANTÁRTIDA), PARC (CHILE) y RÍO2 (ARGENTINA) que forman parte de la Red SIRGAS-CON y se estableció un G.P.S base en SAT-1, que nos sirven para el procesamiento de los puntos de control. Esto permite ajustar los modelos fotogramétricos, para la obtención de cartografía 1:500 y 1:10000 respectivamente.



Fig.4: Posicionamiento G.P.S, de puntos fotoidentificables.



Obtenido el producto fotogramétrico aéreo en los dos vuelos, a continuación se procedió a realizar la triangulación (correlación de los puntos) para obtener densificación de coordenadas y posteriormente realizar el proceso de restitución fotogramétrica, para obtener la cartografía.

Con esta alternativa, realizando los ajustes técnicos correspondientes, a fin de que en áreas en donde no se haya tomado fotografía aérea, se complete el cubrimiento terrestre con el uso de imágenes provenientes de satélite.

b. RESULTADOS

Con el empleo del UAV- Cartográfico, se obtuvo fotografías aéreas que cumplen las especificaciones técnicas para elaborar cartografía 1:500 de la Estación Científica “PEDRO VICENTE MALDONADO” y 1:10000 de la PUNTA FORT WILLIAMS.

Inicialmente se ha obtenido una Ortofoto de la Estación Científica “PEDRO VICENTE MALDONADO”.



Fig.5: Ortofoto de la Estación Científica “PEDRO VICENTE MALDONADO”.

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones:

- Se empleó para la obtención de fotografías aéreas un avión aéreo no tripulado cartográfico en condiciones extremas.
- Se realizó dos vuelos fallidos por condiciones meteorológicas adversas y fallas técnicas del U.A.V.
- Se realizó dos vuelos efectivos 1311 fotografías aéreas, correspondientes a las zonas de la Estación científica “PEDRO VICENTE MALDONADO” y la PUNTA FORT WILLIAMS.
- Se ha obtenido una ortofoto inicial de la Estación científica “PEDRO VICENTE MALDONADO”.

Recomendaciones:

- Se prevea la entrada de la siguiente expedición en el mes de diciembre, debido a que en esta fecha existe mejores condiciones ambientales.

Referencias bibliográficas

- HOJA DE DATOS, SOLUCIÓN DE ADQUISICIÓN DE IMÁGENES AÉREAS TRIMBLE UX-5, Trimble.

Cifras e Impacto de la Infraestructura de Datos Espaciales del Instituto Geográfico Militar a nivel nacional y regional

Ing. María Fernanda León Pazmiño • fernanda.leon@mail.igm.gob.ec
Ing. Pablo Andrés Montenegro • pablo.montengro@mail.igm.gob.ec
Gestión Infraestructura de Datos Espaciales

Resumen

En el Ecuador, la Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) del Instituto Geográfico Militar es un referente de aplicación de normas, estándares, acuerdos, recursos, con el fin de lograr una herramienta accesible, fácil y estructurada con información geográfica generada en el Instituto; es así, que en abril del 2008 se realiza el lanzamiento oficial de su IDE materializado en un Geoportal.

Desde ese momento hasta la actualidad, se han registrado algunos indicadores que nos muestran el progreso del sitio web con el fin de buscar siempre la mejora continua, es así, que nace la necesidad de realizar el presente artículo, para mostrar algunos de estos parámetros y analizar su desempeño.

El incremento en el acceso al Internet y la disponibilidad de información geográfica confiable, se evidencian en el aumento del uso de herramientas como el Geoportal, prestando un beneficio directo, tanto en acceso y uso, al cliente que requiere dichos datos.

Abstract

In Ecuador, the Spatial Data Infrastructure (SDI) of Instituto Geografico Militar is a reference implementation of norms, standards, agreements, resources, in order to achieve an affordable, easy and structured geographic information generated at the Institute, so, that in April 2008 performed the official launch of its SDI materialized in a portal.

From then until now, there have been some indicators that show the progress of the web site to always seek continuous improvement, so, that comes the need for this article, to show some of these parameters and analyze their performance.

Increased access to the Internet and the availability of reliable geographical information, are evident in the increased use of tools such as the Geoportal, providing a direct benefit both access and use, requiring customer data.

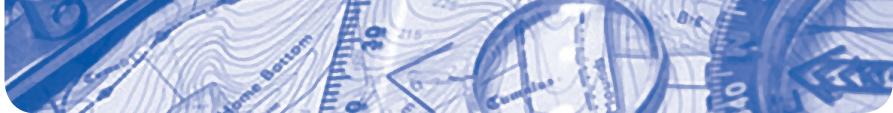
Introducción

A nivel mundial, la Infraestructura de Datos Espaciales –IDE– se ha convertido en la mejor forma de estandarizar, publicar, disponer, acceder y promover información geográfica confiable y de calidad; por otro lado, un geoportal es un tipo de portal web usado para la búsqueda y acceso de información geográfica y servicios geográficos asociados, a través de Internet y se convierten en parte importante para el uso eficaz de los sistema de información geográfica –SIG– y un elemento clave del la IDE.

En el Ecuador, las 3 ideas para la formulación, creación y desarrollo de una IDE, según [CONAGE-Ruano-Sandoval-Salazar año 2004], eran: (1) el componente geográfico existe en casi todos los ámbitos de decisión nacional y amerita un tratamiento adecuado de su geoinformación (2) al simplificarse la distribución e intercambio de la información geográfica se multiplican las aplicaciones en el ámbito geográfico cartográfico (3) el país necesita disponer de geoinformación actualizada y oportuna, permitiendo que la toma

de decisiones sean adecuadas y conduzcan a un buen gobierno con el consiguiente bien común de sus habitantes.

Es así como el Instituto Geográfico Militar del Ecuador –IGM– viene impulsando en la práctica el concepto de libre acceso a la información, cumpliendo con las expectativas gubernamentales expresadas mediante el Decreto 1014 donde el uso de la investigación y la experiencia nacional se plasman como instrumentos a través de plataformas de interoperabilidad y software libre; acción que se complementa al combinarla con la vanguardia tecnológica y el ahorro significativo de los recursos públicos. Así, en abril de 2008 y tras un año y medio de investigación y desarrollo se pone a disposición la IDE Institucional, cristalizada a través de un Geoportal (www.geoportaligm.gob.ec) convirtiéndose en la institución pionera en este tipo de servicio en el país y un referente a nivel regional. En el transcurso de estos 6 años, la IDE del IGM ha evolucionado acorde a los avances tecnológicos y a las políticas nacionales



implementadas, siendo la transferencia de conocimiento y tecnología el pilar fundamental de la evolución y experiencia adquirida.

Por otra parte, según el balance 2013 que presentó Jaime Guerrero, ministro de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, en Ecuador, 10 de cada 15 ecuatorianos son usuarios activos de internet, equivalente al 14,6% de crecimiento en este último año de los consumidores de este servicio, subiendo en 2012 de 8,9 millones a 10,3 millones en 2013. Según el censo 2012 del Instituto Nacional de estadísticas y censos –INEC– el 36% de la población ecuatoriana utiliza el internet para “obtener información”; lo que evidencia un alto incremento de usuarios de internet en el país usando herramientas digitales para el acceso a la información, en otros, datos geográficos.

Las estadísticas, son una forma de recolectar, analizar e interpretar datos o sucesos medibles en el tiempo, los que nos sirven para realizar diagnósticos, verificar hipótesis y tomar decisiones. En el caso particular del tema de la IDE en el IGM, se lleva un registro haciendo uso de la herramienta gratuita Google Analytics, de la que se desprenden datos reales, los cuales son procesados según la variable a ser analizada.

Es por esta razón, que los objetivos del presente trabajo son: mostrar en cifras el crecimiento que ha tenido el Geoportal del IGM (IDE institucional) desde sus inicios hasta la actualidad, los principales medios de acceso, uso y evidenciar el interés y beneficio de poner a disposición la información geográfica digital por medio de la web con estándares de interoperabilidad, desde cualquier parte del mundo y particularmente desde nuestro país.

Método

Para el monitoreo y seguimiento del Geoportal del IGM se ha utilizado la herramienta gratuita Google Analytics que ofrece un servicio de analítica digital para sitios web ya sean de gran o pequeño alcance. Para el caso del Geoportal la herramienta tiene registros desde junio del 2008 a la presente fecha; es importante mencionar que en abril de 2013 se hace el re-lanzamiento del Geoportal con una nueva imagen, donde se

encuentra información mejor estructurada y se abren nuevos espacios como el denominado GeoEduca (lugar destinado para educadores, estudiantes y público en general para dar a conocer y consultar información geográfica) y Datos Geodésicos (se encuentran datos e información generados en el ámbito de la Geodesia). Para el presente análisis la fecha de corte es el 25 de abril de 2014 y se establecen los siguientes puntos de discusión: (1) Ingresos al Geoportal, (2) Influencia de los dispositivos móviles y (3) Nuevos espacios implementados y el impacto del Geoportal del IGM.

Para seguir con el orden propuesto, identificaremos la variable de **Ingresos al Geoportal**, de las cuales se toman los totales mensuales por ubicación (Analytics utiliza datos internos y de terceros para obtener la ubicación geográfica de los visitantes a partir de su dirección IP.) a nivel mundial y nacional, en este período las variables que se manejan son: (a) Visitas: constituye el número de visitas que recibe el sitio web. (b) Visitantes exclusivos: número de visitantes no duplicados (contabilizados una sola vez) que han accedido al sitio web a lo largo de un período de tiempo determinado. (c) Páginas vistas: número total de páginas vistas; las visitas repetidas a una misma página también se contabilizan. (d) Páginas / Visitas: promedio de páginas vistas durante una visita al sitio; las visitas repetidas a una misma página también se contabilizan. (e) Duración media de la visita: duración media de una sesión. (f) Porcentaje de rebote: porcentaje de visitas de una sola página, es decir, visitas en las que el usuario ha abandonado su sitio en la página de entrada. (g) Porcentaje de visitas nuevas: porcentaje estimado de visitas realizadas por primera vez. Con esta información se determinan a nivel mundial los 5 países y a nivel nacional las 5 provincias con mayor porcentajes de visitas al Geoportal del IGM.

Con los datos anuales obtenidos se calcula la tasa de crecimiento porcentual, que es un indicador útil para observar si una población (en nuestro caso de ingresos o visitas) está creciendo o disminuyendo en un período específico (se seleccionan datos de años completos de enero de 2009 a diciembre de 2013).

La fórmula utilizada es:

$$\text{Tasa de crecimiento} = \left[\frac{(\text{valor al final del período} - \text{valor al inicio del período})}{\text{valor al inicio del período}} \right] * 100$$

Fórmula 1. Fórmula para calcular tasa de crecimiento porcentual.

Para el análisis de la **Influencia de los dispositivos móviles** en el uso y acceso del Geoportal del IGM, es interesante conocer los medios de acceso más utilizados, para este fin se consideran los reportes de: *Tecnología – Navegadores y Sistemas Operativos*, en el que se desglosan los visitantes según el navegador y el reporte de *Dispositivos Móviles – Sistema operativo*, que proporciona información acerca del comportamiento de los visitantes a través de los dispositivos móviles; con esta información se establecen de forma general los tres navegadores más usados para el acceso al geoportal y las principales marcas de dispositivos móviles utilizados para navegar.

Los anteriores puntos de análisis nos llevan a resultados generales y una visión globalizada del uso y acceso al Geoportal del IGM, así como también, nos muestra las potencialidades en las que se deben enfocar futuros esfuerzos. Hace un año exactamente, se pone a disposición nuevos recursos como son GeoEduca, Datos GNSS y más una política institucional enfocada en el apoyo y servicio a la comunidad, hacen que estos espacios más el recurso de descargas de geoinformación tengan un apoyo importante en los **Nuevos espacios implementados y el impacto del Geoportal del IGM**.

Para detallar el impacto que ocasiona la IDE del IGM vamos a centrarnos en 3 grandes grupos de indicadores: (a) Eficiencia, (b) Democracia y (c)

Eficacia. Considerando que la Eficiencia ayuda a la mejor utilización de los recursos enfocados en conseguir un ahorro monetario, tomamos el ejemplo de las Descargas de información Geográfica que pueden realizar tanto entidades públicas (Datos de la red GNSS) y público en general (cartografía escalas 1:1.000.000, 1:250.000, 1:50.000 y cartografía temática); se han cuantificado las descargas por el valor de producción de cada uno de los datos.

El siguiente indicador es la Democracia en la información, que conlleva al libre acceso a esta y su utilización respetando los derechos y asumiendo los deberes que ameriten; con la política institucional de libre acceso a los datos, se han establecido parámetros interesantes tanto a nivel nacional como regional.

Y por último, tenemos la Eficacia en el uso de geoinformación, en la que nos centramos en los usuarios repetitivos y el volumen de información solicitada y descargada.

Resultados

El Geoportal del IGM cuenta con 369.373 visitas de diferentes partes del mundo, los cuales navegan por casi 4 páginas en promedio y el tiempo estimado por visita es de más de 4 minutos y cuarenta segundos. Es importante destacar que en promedio, 40 de cada 100 visitantes, vuelven a visitar este sitio web.

Tabla 1. Resultados de los indicadores básicos de Visitas a nivel mundial y nacional

Indicador / Nivel	Visitas	Página / Visita	Duración media de la visita	% de Visitas nuevas	% de Visitantes que retornan
Mundial	369.373	3,96	00:04:48	70,89%	40,75%
Nacional	304.594	4,17	00:05:07	68,76%	37,53%

Ingresos al Geoportal:

Del primer análisis de la información se obtuvieron los resultados presentados en el Gráfico 1; donde se puede observar que el 82,46% de las visitas totales del Geoportal del IGM son realizadas desde el Ecuador, siendo: Pichincha (60,50%), Guayas (18,01%), Azuay (5,78%), Tungurahua (4,30%) y el Oro (2,83%) las provincias con mayor demanda.

A nivel mundial, los principales países que visitan la página, después de nuestro país, son: España (3,24%), Colombia (2,08%), México (1,91%), Perú (1,58%) y Estados Unidos (1,40%).

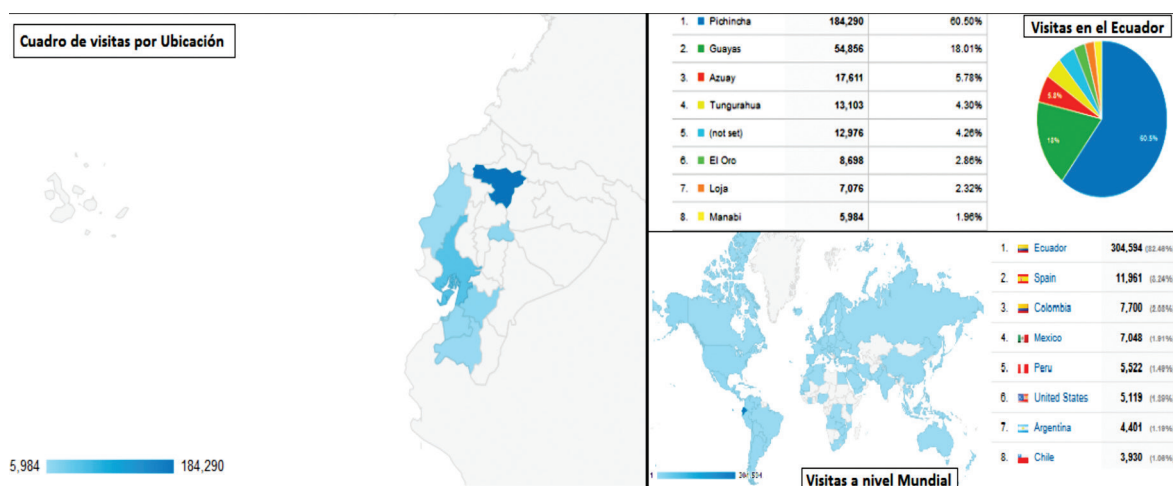


Gráfico 1. Estadísticas en el Ecuador de las Visitas Totales por Ubicación.

Adicionalmente se calculó la tasa de crecimiento, dando como resultado un crecimiento total del 123,51% en visitas al Geoportal del IGM, como se puede observar en el Gráfico 2.

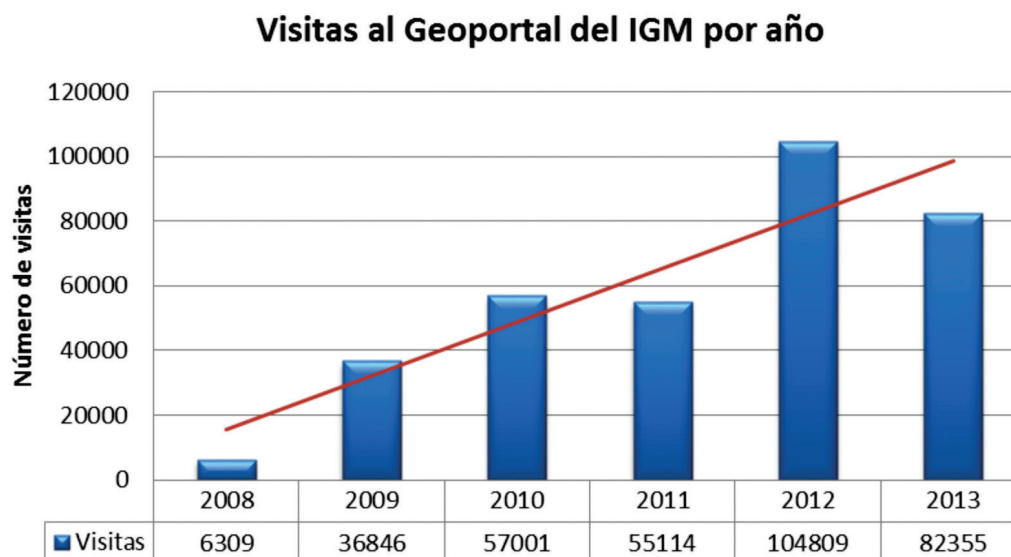


Gráfico 2. Visitas Totales Vs. Crecimiento Anual.

Influencia de los dispositivos móviles:

Del flujo de visitantes, Gráfico 2; se analizan las fuentes de referencia del que procede el acceso que llega al geoportal y son: link directo (geoportaligm.gov.ec / goeportaligm.gob.ec) con el 23,33%, página web institucional (igm.gov.ce / igm.gov.ec) con el 20,23%, página web de SENPLADES (senplades.gob.ec / senplades.gov.ec) con el 12,14%, buscador google (google.com.ec / google.com) con el 10,65% y redes sociales (facebook/geoportaligm) con el 2,43%, ente las más importantes.

Los tres navegadores desde los cuales, los visitantes ingresan son: Firefox (36.06%), Internet Explorer (32.40%), y Chrome (27.26%).

Ahora, en lo referente a los dispositivos móviles, al menos 1,26 de cada 100 visitas se realizan por este medio. Los sistemas operativos más utilizados entre estos son: Android (28.79%), iOS (32.40%), BlackBerry (13.49%), iPhone (5,59%) – iPad (5.39%).

Nuevos espacios implementados y el impacto del Geoportal del IGM

En este último año, como resultado de las descargas obtenidas en los tres grupos más importantes de información a disposición de la comunidad, tenemos como resultado que el ahorro para el cliente final (incluye: estado, centros de educación e investigación, personas naturales y jurídicas) fue de al menos USD. 1.118.171, como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Eficacia: Ahorro monetario

	Total Descargas	Valor	Ahorro	
Descargas de Cartografía	20528	3,5	\$ 71.848	PÚBLICO EN GENERAL
Descargas GNSS	14096	50	\$ 704.800	ENTIDADES PÚBLICAS
Mapas Temáticos	26271	13	\$ 341.523	PÚBLICO EN GENERAL
AHORRO TOTAL DE DESCARGAS			\$ 1.118.171	

Datos de Descargas

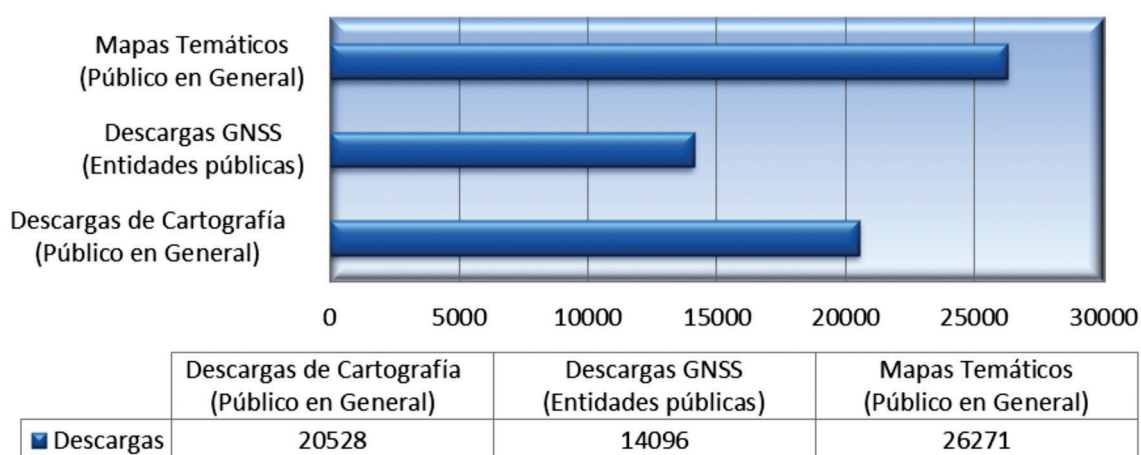
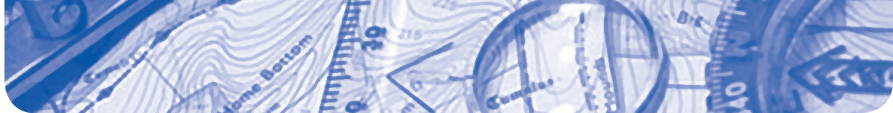


Gráfico 3. Descargas realizadas en el último año (abril 2013 – abril 2014).

Del Gráfico 1. Podemos mostrar el crecimiento de acceso a los datos ofrecidos en el Geoportal del IGM a nivel nacional y mundial, resultado del principio de Democracia en la geoinformación; siendo los usuarios del Ecuador los beneficiarios directos. Además existen vínculos directos para atención a los requerimientos de los distintos usuarios de manera continua y casi inmediata, son más de 280 consultas atendidas en menos de un año, sin tomar en cuenta las preguntas en las redes sociales.

Para mostrar los resultados de la Eficacia, tomamos la Tabla 1. para evidenciar el porcentaje de visitantes que retornan al sitio, que en este año crece de un 26% (2012-2013) a un 40.75% (2013-2014).



Conclusiones

- El IGM ha fomentado la generación de las IDE en el Ecuador, enmarcado en la misión y visión institucional, que permite de manera oportuna que los usuarios puedan realizar consultas, estudios y análisis con la información geográfica disponible a través de diferentes aplicaciones. Estos datos se presentan de manera estandarizada, compatible, estructurada por lo que se puede acceder a ella, desde cualquier punto del planeta, entenderla, manejarla y obtener productos, mediante el uso de información confiable.
- Solo ciudades como Quito y Guayaquil podían tener acceso directo a los productos y servicios que ofrecía el IGM, al tener acceso a sus instalaciones; el resto de ciudades suplía la información con datos no oficiales, intentaban cubrir esta necesidad por sus propios medios, etc. Desde que el acceso al Internet creció en el país, los servicios web han incrementado y el uso de información oficial es considerablemente mayor.
- Conocer a qué páginas mayoritariamente los visitantes acceden, el origen del tráfico que recibe el geoportal, las actividades de los visitantes en el sitio, los medios móviles y fuentes de acceso, ayudan a tomar decisiones sobre el ámbito al que desea dirigir la información y la optimización del sitio para que satisfagan de forma rápida y conveniente las necesidades de los usuarios, a nivel nacional e internacional.
- El impacto nacional, regional e internacional que ha causado la disponibilidad de geoinformación oficial a través del Geoportal del IGM, ha sido un factor importante para que los profesionales, estudiantes, investigadores y público en general utilicen información confiable en sus distintos ámbitos de acción, se ha incrementado el acceso a estos datos en un 30%; los que apoyan a la política de "Promover el desarrollo estadístico y cartográfico, para la generación de información de calidad" del Plan Nacional del Buen Vivir 2009-2013; precedente importante al compararnos con nuestros similares a nivel regional.
- Los logros obtenidos y el beneficio para la sociedad hasta el momento son evidentes, pero es necesario realizar una campaña nacional más agresiva de difusión para llegar a más ciudadanos con los servicios geográficos dispuestos por el IGM para su utilización.

Referencias Bibliográficas

Enlaces web:

- <http://www.andes.info.ec/es/noticias/ecuador-10-cada-15-personas-utilizan-internet.html> <http://www.geoportaligm.gob.ec>
- <http://www.google.com/analytics/>
- <http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/articulos-tecnicos/infraestructura-de-datos-espaciales/Conferencia-sobre-Infraestructura-de-Datos/IDEs%20Nacionales%20ECUADOR.pdf>

El Geoportal del Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas, un referente nacional en el acceso a la información geográfica para la Seguridad y Defensa del Ecuador

*Capt. de E. Ibáñez P. Darwin X. • darwin.ibanez@mail.igm.gob.ec

**Ing. Edison Bravo C. • edison.bravo@mail.igm.gob.ec

* Jefe de Gestión Geográfica • **Gestión Geográfica

Resumen

Las Infraestructuras de Datos Espaciales, suponen un gran avance en el mundo de los Sistemas de Información Geográfica y su evolución a través de Internet, al permitir adaptar las nuevas tecnologías para la publicación, visualización y análisis de información espacial de forma eficiente, armonizada y más que nada interoperable. Una Infraestructura de Datos Espaciales es una iniciativa necesaria para la recolección eficaz, gestión, acceso, entrega y utilización de datos espaciales normados.

Los profesionales técnicos en el área de Infraestructura de Datos Espaciales, del Instituto Geográfico Militar, han puesto su contingente con el fin de crear un Geoportal técnico para el Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas, cuyo propósito es proporcionar a los Comandos Operacionales, información geográfica – cartográfica base, información temática como: biofísica, social y económica del país actualizada con los últimos datos obtenidos de las instituciones oficiales del Estado, con la premisa de fácil acceso y comprensión, relacionando cartográficamente los acontecimientos para discernir la forma en que influyen en la sociedad; además, de conocimientos avanzados acerca del territorio ecuatoriano que sirve de escenario para la defensa, seguridad y desarrollo nacional.

Abstract

The Spatial Data Infrastructures SDIs represent a breakthrough in the Geographic Information Systems and their evolution through Internet. Moreover, the SDIs allow the efficient adaptation of new technologies for publication, visualization and analysis of spatial information mostly in an interoperable way. The Spatial Data Infrastructure initiative is necessary for an effective data collection, management, access, delivery and use of a normalized spatial data.

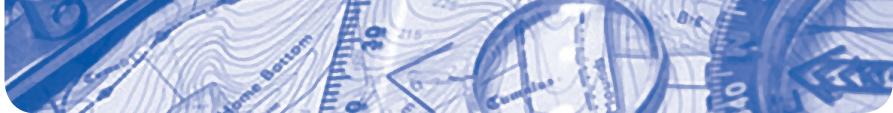
The Spatial Data Infrastructures department inside the “Instituto Geográfico Militar” is formed by technician professional staff. They have been applying their knowledge in order to develop the Geo-technical web site for the “Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas” (The Ecuadorian Joint Command's Armed Forces).

The Geo-technical web site purpose is to provide geographic-cartographic base information where people can find thematic material, such as: the biophysical, social and economic conditions of Ecuador, updated with the latest data of official institutes. This data base will be created with the premise of easy access and understanding; in addition, it will relate the events on a cartographic way, so that one can discern how they influence society. Finally, the Geo-technical web site will provide advanced knowledge about Ecuadorian territory which is the scenery of defense, national security and development.

Introducción

Es indudable que el desarrollo y revolución tecnológica en la informática y comunicación en la última década ha rebasado las expectativas de la humanidad, el simple hecho de utilizar y hacer parte de nuestras vidas las laptop con un amplio sistema de almacenamiento, velocidad y capacidad operativa, los Smartphone, las Tablet, los Ipad o cualquier sistema que operen con tecnología Web o dispositivos WiFi y el uso de aplicaciones y herramientas que disminuyen los tiempos de respuesta, son ejemplos de este precipitado perfeccionamiento que demuestra la medición más plausible del progreso de una civilización.

En el campo militar el hecho de tener la ventaja tecnológica para la defensa nacional ha incentivado al Instituto Geográfico Militar a un desarrollo exponencial de la Infraestructura de Datos Espaciales (IDE), multiplicándose las aplicaciones en el ámbito geográfico-cartográfico, para el intercambio de información geoespacial, esta exigencia del mundo moderno de gestionar grandes volúmenes de información en tiempo real está vinculada a todas las actividades humanas y, últimamente con gran énfasis a las relacionadas con la seguridad, defensa y protección implicando las operaciones militares.



Contenido

El Instituto Geográfico Militar ha puesto su contingente técnico del área de Infraestructura de Datos Espaciales, con el fin de crear un Geoportal técnico para el Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas, cuyo propósito es proporcionar a los Comandos Operacionales, información biofísica, social, económica y de seguridad del país con datos actualizados de las instituciones oficiales del Estado, con la premisa de fácil acceso, relacionando cartográficamente los acontecimientos para discernir la forma en que

influyen en la sociedad; además, de conocimientos básicos acerca del territorio ecuatoriano que sirve de escenario para el desarrollo social que conjuntamente con la profunda vocación de servicio al país de nuestras Fuerzas Armadas, contribuirán a optimizar y dinamizar las acciones de los Comandos Operacionales.

La siguiente gráfica muestra el funcionamiento básico del Geoportal y específicamente del visor geográfico y su interrelación con las instituciones generadoras y facilitadoras de información geográfica:

Funcionamiento Básico del acceso a la información Geográfica desde el Geoportal del COMACO

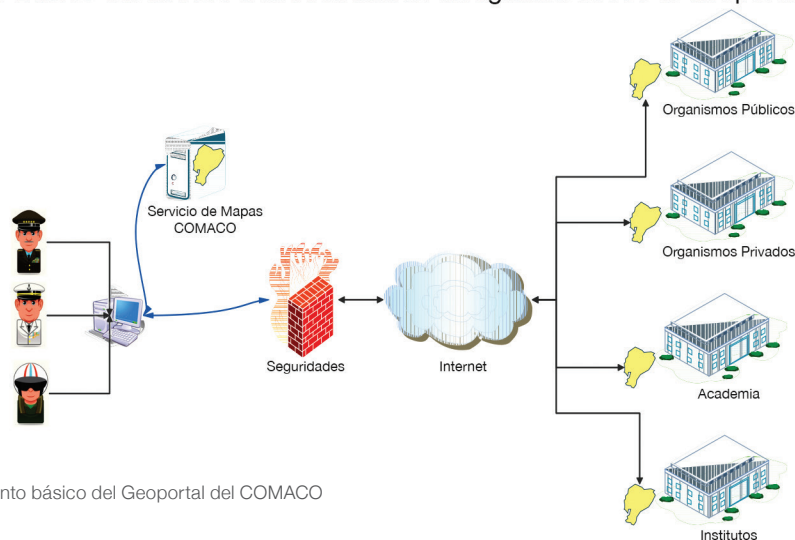


Ilustración 1 Funcionamiento básico del Geoportal del COMACO

El Geoportal de las Fuerzas Armadas por Comandos Operacionales, es la suma de esfuerzos múltiples concentrados en un mismo proyecto, en el cual se visualizan las capacidades científicas y técnicas de las instituciones militares

y civiles del Estado Ecuatoriano coadyuvando a la toma de decisiones geográficamente adecuada de manera eficiente efectiva y oportuna por parte de los comandantes.



Ilustración 2 Pantalla de Inicio del Geoportal del COMACO

Dentro de las principales funcionalidades del Geoportal del Comando Conjunto de las FFAA se encuentran:

- **VISOR GEOGRÁFICO.** Se encuentra basado en estándares OGC, y es la herramienta visual con el que se puede utilizar el servicio de mapas WMS, este

servicio sirve para producir mapas de datos espaciales referidos de forma dinámica a partir de la Información Geográfica producida, así como el análisis visual para toma de decisiones.

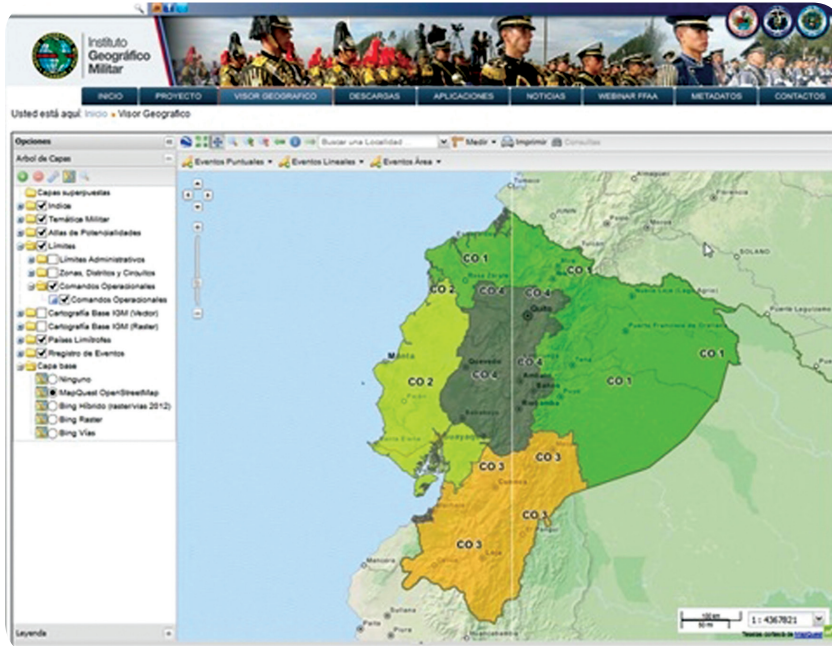


Ilustración 3 Vista inicial del geo visualizador.

El Visor geográfico tiene la capacidad de concentrar la información geográfica distribuida en las diferentes instituciones generadoras y proveedoras de información geográfica.

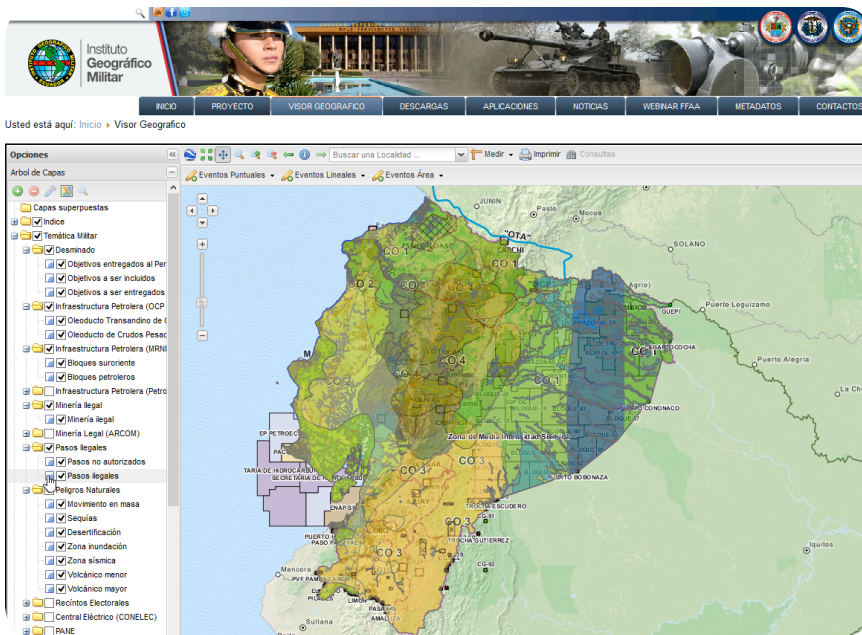
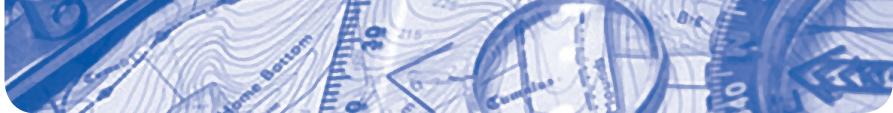


Ilustración 4 Composición cartográfica de información de varias fuentes.



Para el análisis visual del terreno es importante una herramienta de visualización en 3D que permita apreciar de forma más real el terreno de las operaciones.



Ilustración 5 Vista 3D de la información geográfica.



Ilustración 6 Vista 3D de la composición cartográfica.

- **WEBINAR.-** Esta herramienta está pensada en la transferencia de conocimiento, a través de la web, en salas de reuniones on-line en las que se establecen las seguridades, sistema de moderadores y demás configuraciones; con la visión de un acceso, sin importar el lugar

geográfico donde se encuentren, mostrando: presentaciones, formación y capacitación en línea, conferencias, talleres, cursos, pizarra compartida, colaboración y edición de documentos, intercambio de escritorio del usuario, entre otros.

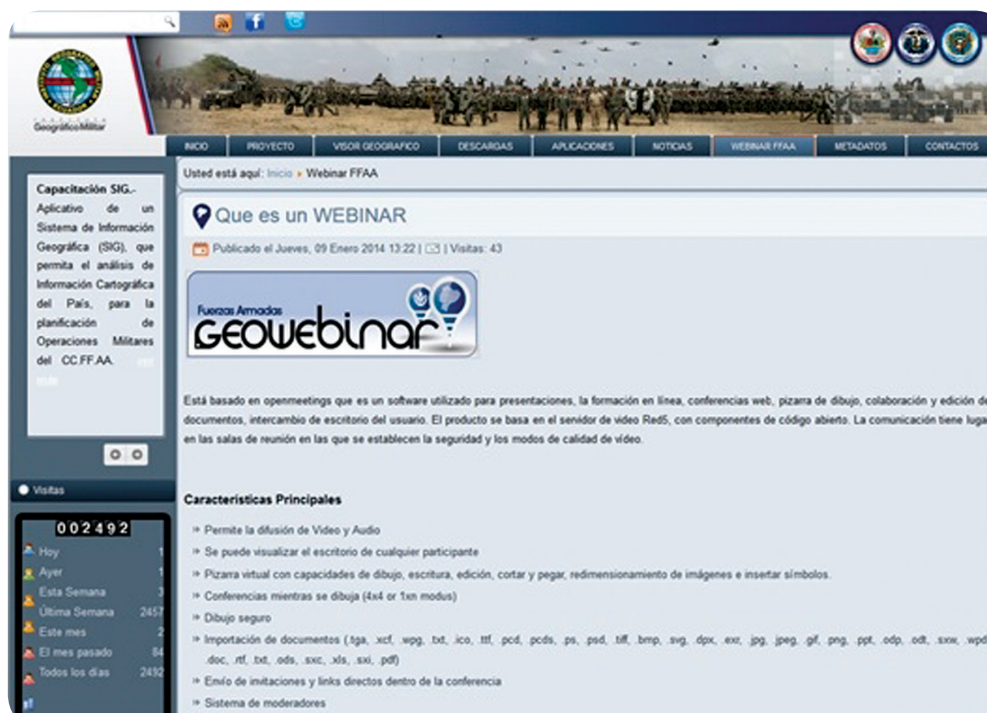
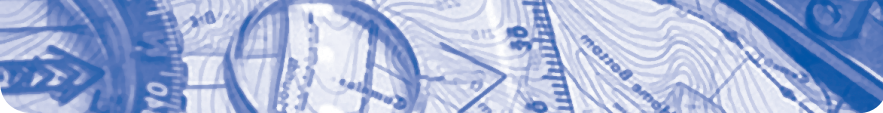


Ilustración 7 Pantalla Inicial de la sección WEBINAR.

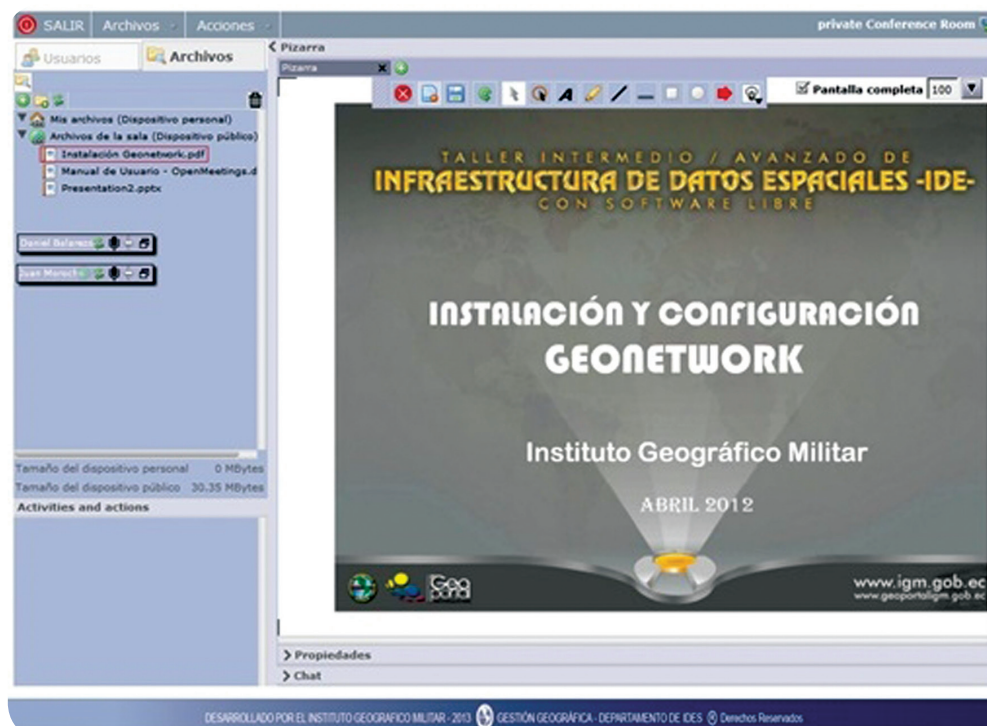
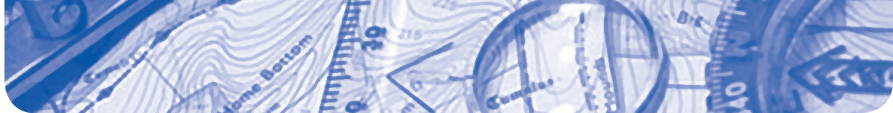


Ilustración 8 Compartición de recursos para capacitación .



• Como todo portal web tiene: Descargas, Aplicaciones, Noticias y Contactos, se puede ejecutar tanto en Windows como en Linux y los clientes únicamente necesitan un navegador y el

Flash Player por lo que se puede participar en una sesión prácticamente desde cualquier plataforma del usuario, entre otros.



La defensa nacional constituye el rol fundamental de las Fuerzas Armadas, protección que se concibe con carácter integral y responsabilidad social.

Conclusiones

- El Geoportal del Comando Conjunto de las FFAA constituye el precedente que marcará el inicio de la Infraestructura de Datos Espaciales Militar.
- El proyecto del Geoportal se lo trabajó enteramente con software Open Source, permitiendo así

poder controlar el desarrollo e implementación de nuevos servicios y aplicaciones y ahorrando recurso económico al estado ecuatoriano.

- La información geográfica y los servicios de mapas generados atiende a la normativa internacional ISO y OGC que lideran en la temática geoespacial.

Uso de Sensores Lidar Aerotransportados para estimación de parámetros forestales y generación de Cartografía Temática para Estudios Forestales y Ecológicos

Ing. Xavier Molina MSc. • xavier.molina@mail.igm.gob.ec

px.molina@alumnos.upm.es

Gestión Investigación y Desarrollo, Universidad Politécnica de Madrid

Resumen

En el país, se ha generalizado el empleo del sistema láser escáner aerotransportado o comúnmente llamado LiDAR especialmente en aplicaciones relacionadas con la generación de modelos digitales de elevación de alta precisión para diferentes fines: cartográficos, riesgos y desastres naturales, seguridad y defensa, mapeo de corredores para diseño de líneas de transmisión eléctrica, oleoductos, poliductos, diseño de vías, entre otros. Sin embargo, el uso del LiDAR para aplicaciones forestales es poco conocido y explotado.

La Investigación empieza con una revisión del estado del arte sobre el uso de sensores LiDAR aerotransportados para aplicaciones forestales, para luego describir la metodología más utilizada para estimar parámetros ecológicos y forestales en bosques y con ellos generar cartografía temática para diferentes estudios, ya sea para el ámbito de la gestión forestal como de estudios ecológicos.

La mencionada investigación se encuentra ejecutando el Instituto Geográfico Militar en colaboración con otras instituciones del país; tomando como caso de estudio el sector noroccidental del parque Nacional Yasuní en la Amazonía Ecuatoriana.

Palabras clave: LIDAR aerotransportado, parámetros forestales, modelos de regresión lineal, cartografía temática, bosque tropical amazónico.

Abstract.

There is a widespread employment of airborne laser scanner system or commonly called LiDAR in the country, especially in tasks related to generating of high precision digital elevation models for different purposes and applications such as mapping, disasters and natural hazards, security and defense, survey corridors for planning of transmission lines, pipelines, roads, among others. However, the employ of LiDAR for forestry applications is poorly understood and used.

It is precisely in this topic, where the Military Geographic Institute (IGM) in collaboration with other institutions such as the Ministry of Environment of Ecuador (MAE) and "The Yasuní Scientific Station" of the Pontificia Universidad Católica del Ecuador, are developing a new methodology for estimating parameters and characterizing forest species using LiDAR and multispectral images in the Amazon rainforest of Ecuador through a case study in the Yasuni National Park.

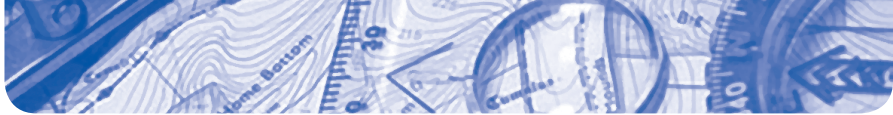
The paper introduces an overview of the state of the art on the employ of LiDAR sensor for forestry applications, the most common methodology used to estimate ecological -forestry parameters in forests and taking advantage of these parameters for generating thematic maps for either the forest management or ecological studies.

Keywords: Airborne LIDAR, forest parameters, linear regression models, thematic mapping, Amazonian rainforest.

Introducción

La teledetección y la evaluación en campo, son la principal fuente de datos para los inventarios forestales (Köhl, Magnussen, & Marchetti, 2006). Si bien, la teledetección proporciona datos espacialmente explícitos para grandes extensiones, la cantidad de atributos que pueden ser obtenidos de estas imágenes son más bien limitados; en consecuencia, la evaluación en campo continua siendo un componente esencial para los inventarios forestales.

A pesar de estas limitaciones, la teledetección se ha establecido como una de las herramientas primarias para análisis de sistemas forestales a gran escala, y dentro de este ámbito, la gran revolución del LiDAR en el sector forestal se debe al enorme volumen de información continua de estructura de la vegetación que proporciona. Con los métodos más clásicos solo disponemos de información detallada de estructura de la vegetación en una pequeña parte de la superficie de los bosques, es decir en los lugares donde



se levantaron parcelas de inventario forestal. Con LiDAR, además de describir con detalle y de forma continua la estructura de la vegetación, permite cuantificar variables tan importantes para la gestión de territorio como son el volumen de madera o biomasa, el carbono almacenado en la vegetación, el riesgo de incendios o la calidad del hábitat de una determinada especie, entre otras.

La estimación de parámetros forestales y la determinación de la estructura forestal a partir de datos LiDAR está resultando una revolución en el ámbito de la planificación forestal, en tanto que permite un abaratamiento de costos y un incremento de la precisión (Fabra Crespo, 2012).

Una gestión y planificación sostenible de bosques requiere de un conocimiento a mayor detalle de su composición y estructura florística, y generalmente, se basan en inventarios a nivel de parcela y a nivel de rodal, y se calculan ya sean de manera operativa o biológica (Leppänen et al., 2008), especialmente en paisajes tropicales como los de la región amazónica Ecuatoriana, los

cuales contienen una alta heterogeneidad y son de difícil acceso.

La región amazónica ecuatoriana con aproximadamente 82 120 km² representa cerca del 30% del territorio nacional¹. Si bien es cierto, la extensión de la amazonía ecuatoriana es pequeña (2%) con relación al total de la selva amazónica, su ubicación geográfica en el continente lo convierte en uno de los 17 países mega-diversos del mundo, con la mayor concentración de especies por unidad de área, albergando entre un 5% y 10% de la biodiversidad del planeta².

Las aplicaciones forestales y ecológicas requieren de inventarios y cartografía precisos para entender las diversas funciones de los bosques, y más aún en un entorno como el de la selva tropical amazónica Ecuatoriana, donde se requiere información detallada y con un bajo nivel de incertidumbre para estudios relacionados a la gestión forestal, planeamiento, estudios de biodiversidad y estimación de reservas de carbono.

2. Conceptos fundamentales

2.1 Que es LiDAR

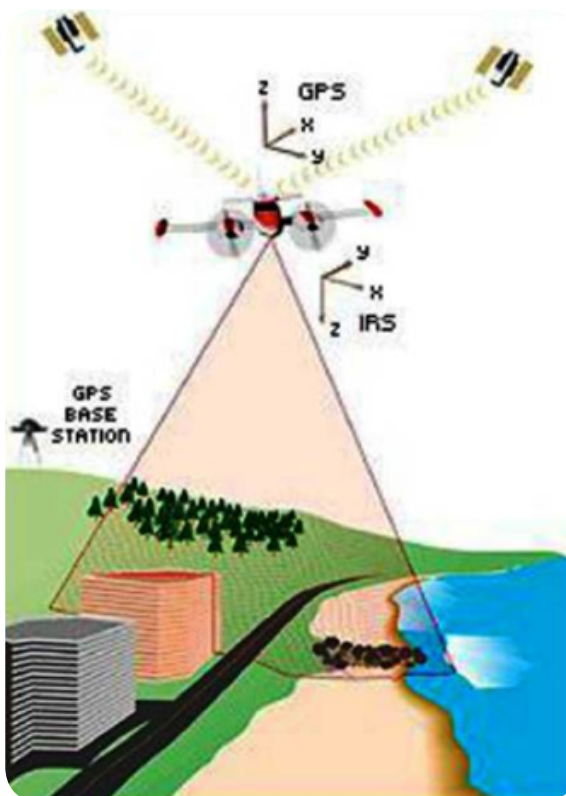


Figura 1: Componentes del sistema de datos LiDAR aerotransportado. (Fuente: Aaron Smith, Forest Resources Remote Sensing and GIS Lab).

El termino LiDAR es un acrónimo utilizado para nombrar a Light Detection And Ranging; es una tecnología de detección activa que usa un sensor para emitir un pulso o haz de luz intenso y dirigido, que mide el tiempo que tarda el pulso en reflejarse en un objeto y ser detectado por el sensor. Esta información de tiempo, se usa para calcular rangos o distancias hacia los objetos.

El escaneado láser aerotransportado o ALS también conocido como altímetro láser o LiDAR, permite la medición de la forma/topografía de la superficie de la tierra y las características referentes a altura e intensidad de reflejo de los cuerpos.

Un sistema ALS está formado por un sistema de georeferenciación directa que permite determinar con precisión la posición y orientación de la plataforma aérea y del sistema de escaneo láser que emite los pulsos de luz. Trabaja en combinación con un sistema de Posicionamiento Global diferencial (DGPS) y un sistema inercial de navegación (INS), ver figura 1.

Los sensores LiDAR suelen emplear un láser en el infrarrojo próximo, normalmente entre los 1000 a 1500 nanómetros y proporciona información tridimensional de la superficie escaneada. El resultado de este escaneo es una nube de puntos de elevación georeferenciados con alta precisión que contiene información de posición (tripleta de coordenadas de los puntos

¹ Ministerio del Ambiente del Ecuador. 2013. Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental. Subsecretaría de Patrimonio Natural. Quito.

² La biodiversidad y el patrimonio natural. Pág. 222, Plan Nacional para el Buen Vivir 2009-2013. SENPLADES 2009.

de incidencia del láser), y valores de intensidad de la señal láser que pueden ser usados para elaborar representaciones tridimensionales de la superficie terrestre y sus características (National Oceanic and Atmospheric Administration, 2012).

Las coordenadas tridimensionales (x,y,z o latitud, longitud y elevación) de los objetos reflejados se calculan a partir de: 1) la diferencia de tiempo entre el haz emitido y reflejado, 2) el ángulo de disparo del pulso y 3) la posición absoluta del sensor en/o sobre la superficie de la tierra.

Los sistemas LiDAR de hoy son mucho más avanzados. En comparación con versiones anteriores de sistemas de escaneo láser, que eran capaces de grabar un solo pulso a bajas tasas de repetición, los fabricantes han desarrollado sensores que pueden grabar simultáneamente múltiples ecos o multi-retorno para cada pulso

de láser transmitido y la intensidad reflejada para cada eco (figura 2).

Recientemente, se ha introducido sistemas que capturan la forma de onda completa, la digitalización completa de la forma de onda ofrece muchas opciones, ya que permite obtener muchos retornos múltiples con una separación corta (posiblemente impulsos a cada 15 cm de recorrido) con un solo disparo láser. El lado negativo es que a más retornos recolectados, el almacenamiento de datos es mayor, y se requiere de procesamiento de datos más complejos.

La capacidad multi-retorno es fundamental para entender las aplicaciones forestales del LiDAR, y permite describir con precisión la estructura de la vegetación capturando información tridimensional del suelo y de los diferentes estratos (Ver figura 2).

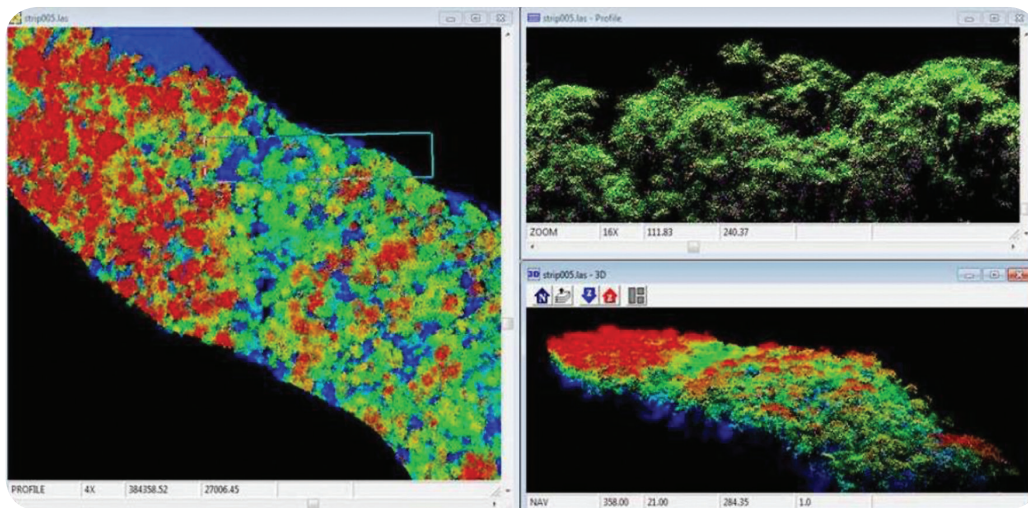
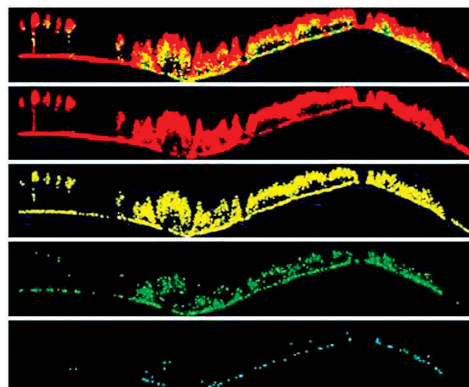


Figura 2: Nube de puntos LiDAR multi-retorno de un sector del bosque tropical en la Provincia de Sucumbios. (Fuente: Equipo LiDAR del GMREC)

En superficies compactas sin vegetación se obtiene un único retorno (todo el haz de luz es reflejado), en cambio en superficies con vegetación el sensor es capaz de registrar varios retornos para un mismo pulso de luz láser ya que este es reflejado parcialmente por la vegetación. En un bosque, la situación es más complicada, cuando el haz de luz láser de un sistema multi-

retorno alcanza un árbol, se asume que el primer retorno proviene de cerca de la parte superior de la cubierta forestal; el último retorno, se asume que proviene del suelo. Los retornos intermedios, es decir el 2do., 3ero. o 4to. se espera que provengan de las ramas de los árboles, sotobosque entre la parte superior de la cubierta forestal y el suelo.

Figura 3: LiDAR de retorno discreto y huella pequeña (Fuente: McGaughey, R.J., et al., 2006).



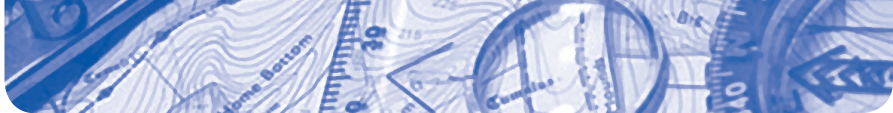
Todos los retornos (16 664 pulsos)

1eros. retornos (11 460 pulsos, 69 %)

2dos. retornos (4385 pulsos, 26 %)

3eros. retornos (736 pulsos, 4 %)

4tos. retornos (83 pulsos, < 1 %)



Sin embargo, puede ocurrir que la vegetación es tan densa, que el rayo láser podría no penetrar a través de la vegetación y llegar hasta el suelo.

2.2 Variables y parámetros de estructura forestal inferidos de los datos LiDAR.

La aplicación de los más modernos sensores remotos activos de alta resolución como lo es

LiDAR, permite una elevada precisión en las mediciones y buena predicción de variables dasométricas³. A partir de datos LiDAR se pueden determinar variables de masa como: altura media, biomasa, volumen, área basimétrica, índice de área foliar (LAI), etc. (Ver Tabla 1).

Variables forestales que se pueden obtener con LiDAR	
De forma directa	Solo Modelizando
Altura de árboles Altura media del rodal Altura dominante Cobertura o FCC Número de pies Dimensiones de copa Volumen de copa Mapa de distribución de altura Crecimiento en altura (2 vuelos)	Volumen Biomasa CO2 retenido en la biomasa Área basimétrica Índice de área foliar (LAI) Altura de la base de la cubierta forestal <i>Crown Bulk density</i> (~ Densidad de copa)
Nota: Algunas variables que se pueden obtener de forma directa también pueden ser modelizadas	Escala: Árbol individual Escala de monte Escala regional o nacional

Tabla 1: Parámetros forestales estimados a partir de LiDAR (Fuente: Diéguez Aranda U., 2012)

La nube de puntos LiDAR describe con detalle y de forma continua la estructura de la vegetación. En un bosque, su estructura está determinada por la organización espacial (vertical y horizontal) de sus componentes (Pascual Castaño et al., 2008).

El mayor desafío al estimar variables biofísicas tales como área basimétrica y volumen en

bosque tropical denso a partir de LiDAR, es la diversidad de formas de troncos de árboles en la masa forestal, creando una gran cantidad de relaciones entre el LiDAR y variables biofísicas de interés. Se deben identificar los criterios adecuados para relacionarlos, caso contrario, las propiedades de ciertos tipos de bosques pueden ser sobre-estimados mientras otros podrían ser sub-estimados.

2.2.1 Altura de árbol

La altura del dosel del bosque es la característica biofísica más común y de gran importancia para los estudios forestales. Considerando que se sabe mucho acerca de los atributos biofísicos de especies de árboles individuales, la altura es el elemento clave en la estimación de volumen de madera, la estimación de la biomasa, la predicción de rendimiento potencial, valor comercial y el comportamiento del fuego, entre otros. En este sentido, LiDAR ha demostrado ser muy exitoso en la estimación de la altura de los árboles.

La medición de la altura de un árbol individual (Figura 4), se define como la distancia vertical desde la base del árbol hasta su parte terminal superior. La medición de la altura de los árboles usando LiDAR se estima a partir de la resta del retorno de elevación más alta, menos el retorno de elevación más baja y más cercana al árbol y que pertenece al modelo digital de elevación (MDE). Wulder y Seemann (2003) demostraron que los resultados derivados de LiDAR se relacionan muy de cerca con las mediciones realizadas en las parcelas de campo.

³ La Dasometría es la rama de la Dasonomía que se ocupa de la medición de los árboles, de la determinación del volumen de los bosques y de los crecimientos de los árboles y bosques.

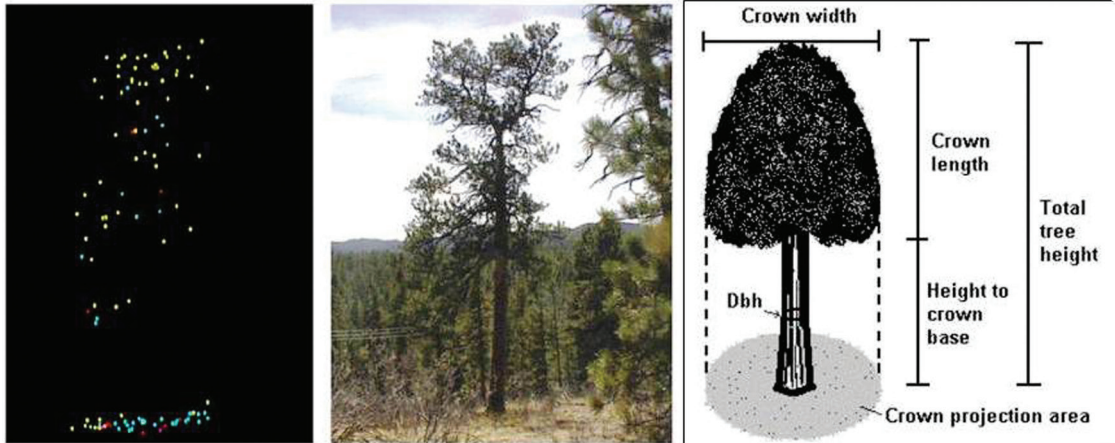


Figura 4: Distribución de retornos LIDAR de un árbol individual y el suelo y sus mediciones típicas. (Adaptado de Stoker y U.S Forest Service Remote Sensing Application Center)

2.2.2 Longitud de corona (Crown length).

Un atributo similar a la altura de árbol es la longitud de corona. Para calcular esta métrica, se resta el valor más alto de elevación registrado del valor más bajo registrado en su corona.

En un estudio realizado con LiDAR en bosque boreal para estimar altura de los árboles y las propiedades de su corona (Næsset & Økland, 2002), asumieron que la longitud de corona podía ser estimada directamente de datos láser, especialmente cuando coronas de árboles adyacentes se encuentran separados unos de otros e inclusive en masas forestales densas donde la corona interfieren entre sí. El cálculo de esta métrica es difícil, sin embargo, en sistemas de retorno discreto es dependiente de la sensibilidad temporal de la discriminación de los múltiples retornos (por ejemplo el número de retornos por pulso).

2.2.3 Diámetro a la altura de pecho (Dbh)

La variable más común y más importante utilizada en la medición de árboles y masas forestales es el diámetro del árbol. Aunque lo que generalmente interesa saber, no es el diámetro, sino el área de la sección transversal para poder estimar el volumen, o el área basimétrica, es el diámetro o, en su defecto, la circunferencia los parámetros que serán más fáciles de medir.

La convención universal es medir el diámetro, con corteza a menos que se especifique lo contrario, a una altura fija desde el nivel del suelo. Esta altura estándar es la altura del pecho, esta localización varía ligeramente entre algunos países.

Con LiDAR, las estimaciones indirectas implican la estimación de algunos parámetros fundamentales y su inclusión en un modelo predictivo. Generalmente se usan modelos de regresión lineal simple.

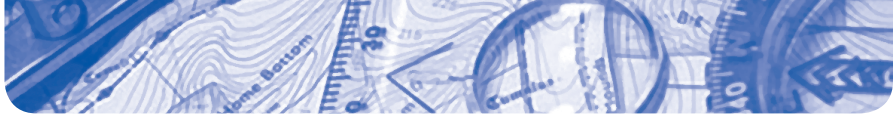
2.2.4 Cobertura de copas (Canopy cover)

La cobertura de copa es el área de tierra cubierta por la proyección vertical de la copa. También se puede definir como la proporción del hemisferio del cielo oscurecido por la vegetación cuando se observa desde un único punto. La figura 3 ilustra el concepto de estimación de la cobertura de copas usando el primer retorno LiDAR. El dosel arbóreo se define como cualquier tipo de vegetación mayor que la altura de quiebre 'break height' (3 metros en el ejemplo de la figura 5) por encima del suelo. De los 21 pulsos LIDAR que se muestra en la figura 5 que ingresan al dosel, los 16 primeros retornos se registran por encima del umbral de 3 metros.

Esta relación también se puede expresar como:

$$\text{Cobertura de copas} = \frac{\text{número de primeros retornos} > \text{a la altura de quiebre}}{\text{Número total de retornos}}$$

$$76 \% = 16 \div 21$$



Hay dos variables en esta operación: altura de quiebre y el tamaño de la celda. Para producir estimaciones de cobertura significativas, el tamaño de la celda debe ser más grande que la copa de los árboles individuales. Con tamaños de celdas pequeñas (menos de 5 metros), los valores de distribución de cobertura de un área grande

tienden a valores cercanos a 0 y 100, ya que cada celda sirve para probar la presencia o ausencia de un árbol en lugar de proporcionar una área de muestra razonable para evaluar la cobertura vegetal. Para la mayoría de los tipos de bosque, tamaños de celda de 15 metros o más grandes producen buenos resultados (McGaughey, 2013).

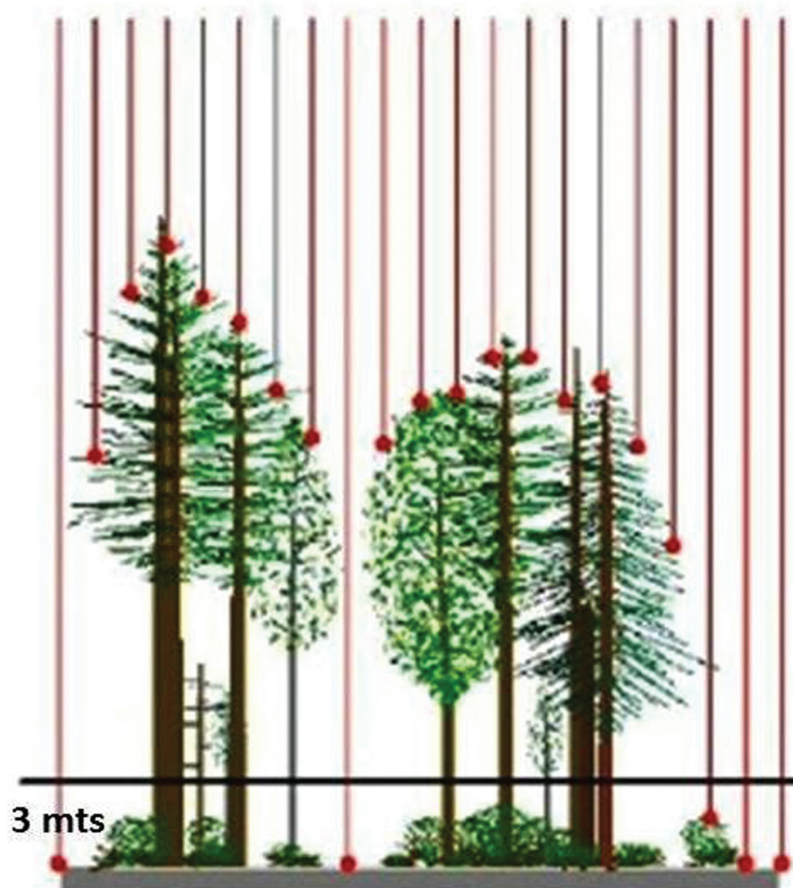


Figura 5. Esquema del proceso de cálculo de la cobertura de copas. (Fuente: McGaughey, R.J., 2013)

2.2.5 Biomasa

Debido a las propiedades biofísicas de los árboles, el diámetro del tronco generalmente aumenta a medida que los árboles se vuelven más altos, aumentando aún más el volumen de madera y de masa. Mediciones LiDAR pueden utilizar este resultado biológico para modelar la biomasa a partir de la altura.

Diversas investigaciones han demostrado que

las alturas medidas con LiDAR están altamente correlacionados con la biomasa aérea en bosques mixtos caducifolio-coníferas, abetos Douglas / pinabete occidental, y en selvas tropicales densas. Las estimaciones de la biomasa son útiles para la evaluación de las fuentes de carbono que resultan de la conversión de un bosque a tierra desmontada, o viceversa. Los bosques intercambian grandes cantidades de CO₂ a la atmósfera y hacen una importante contribución a los ciclos biogeoquímicos del carbono.

3. Métricas o estadísticos LiDAR

Los indicadores o métricas de LiDAR (Tabla 2), son estadísticos descriptivos de los datos láser. Teóricamente, puede haber un número infinito de posibles métricas derivables de un subconjunto dado de puntos LiDAR. Las formas de los

posibles indicadores también dependen de las características de los datos LiDAR, tales como el número de retornos registrados por impulso y si la información auxiliar tales como la intensidad y el ángulo de escaneo están disponibles (Zhao, Popescu, & Nelson, 2009).

Estadísticos LIDAR	
Estadísticos LIDAR de elevación y	Estadísticos LIDAR únicamente de elevación
Mínima	Primeros retornos por encima de la altura mínima
Máxima	Segundos retornos por encima de la altura mínima
Media	Terceros retornos por encima de la altura mínima
Moda	Cuartos retornos por encima de la altura mínima
Desviación estándar	Quintos retornos por encima de la altura mínima
Varianza	Sextos retornos por encima de la altura mínima
Coefficiente de variación	Séptimos retornos por encima de la altura mínima
Rango intercuartílico	Octavos retornos por encima de la altura mínima
skewness	Novenos retornos por encima de la altura mínima
Kurtosis	Otros retornos por encima de la altura mínima
Percentil 1	Porcentaje de primeros retornos por encima de la altura de corte (Fracción de
Percentil 5	Todos los retornos por encima de la altura de corte
Percentil 10	Porcentaje de primeros retornos por encima de la media
Percentil 20	Porcentaje de primeros retornos por encima de la moda
Percentil 25	Porcentaje de todos los retornos por encima de la media
Percentil 30	Porcentaje de todos los retornos por encima de la moda
Percentil 40	$(\text{Todos los retornos encima de la media})/(\text{Todos los primeros retornos}) * 100$
Percentil 50	$(\text{Todos los retornos encima de la moda})/(\text{Todos los primeros retornos}) * 100$
Percentil 60	Primeros retornos encima de la media
Percentil 70	Primeros retornos encima de la moda
Percentil 75	Todos los retornos encima de la media
Percentil 80	Todos los retornos encima de la moda
Percentil 90	Total de primeros retornos
Percentil 95	Total de todos los retornos
Percentil 100	

Tabla 2: Estadísticos LiDAR de elevación e intensidad. (Fuente: Agresta.org)

En los estudios de dosel forestal, las medidas LiDAR más utilizadas incluyen densidades de dosel, alturas medias y los percentiles de altura, e incluso algunos indicadores compuestos, tales como la distribución de altura de la cubierta y la función cuantil de dosel.

4. PROCESAMIENTO DE DATOS LIDAR PARA USO FORESTAL.

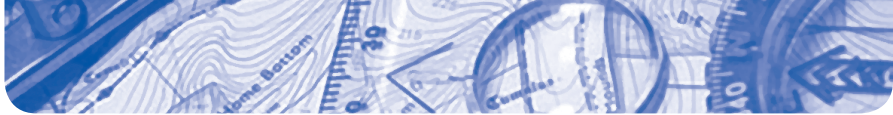
Para extraer las variables LIDAR es necesario realizar un proceso de preparación de los datos. El proceso consta de las siguientes fases:

1. Filtrado de la nube de puntos
2. Clasificación de los puntos y generación de MDE y MDS.
3. Normalización de la nube de puntos.
4. Extracción y análisis de los datos

Un paso fundamental en el procesado de información LiDAR para aplicaciones forestales, es la normalización de la nube de puntos. Generalmente, un modelo Digital de superficie Normalizado (nDSM) se calcula aplicando la fórmula 1, es decir, a cada retorno de vegetación del MDS, se le extrae la altura del terreno del MDE para así obtener la altura de cada retorno de vegetación sobre el suelo.

$$nDSM = MDS - MDE(MDT) \dots \dots \dots (1)$$

Para realizar este proceso se debe generar el modelo digital de superficie (MDS) y el modelo digital de elevación (MDE). Algunos autores diferencian entre el Modelo Digital del Terreno (MDT) y el Modelo Digital de Elevación (MDE), el primero incluye las líneas de ruptura, mientras que el segundo no.



4.1 Extracción del MDE

La obtención de una representación exacta de la superficie del terreno (MDE) consiste en la eliminación de todos los retornos de la nube de puntos LiDAR que no corresponden a suelo. Un MDE fiable es extremadamente importante para aplicaciones forestales, ya que constituye la base para el cálculo de la altura de los árboles.

Además de los errores producidos por el mismo sistema láser y los errores causados por la metodología y algoritmos aplicados, la calidad del MDE derivado a partir del escaneo láser, está influenciada por características de los datos tales como densidad de puntos, primero/último pulso, altura de vuelo, ángulo de escaneo así como errores debido a la complejidad del objetivo (tipo de superficie, pendiente, densidad del dosel, etc.).

Un estudio minucioso sobre comparación entre algoritmos (Sithole, Vosselman, 2004) y de otros estudios realizados demuestran que el dosel de bosque es uno de los mayores factores que afectan la precisión de los MDE generados a partir de ALS en áreas forestales ya que evita que

gran parte de los pulsos láser alcancen el suelo subyacente (Hyyppä, Hyyppä, & Litkey, 2004).

La extracción de MDE de dosel forestal en Europa y Norte-América está muy bien establecida, sin embargo falta investigación en otras condiciones como las que se presentan en selva tropical amazónica.

4.2 Modelo Digital de superficie (MDS)

Un MDS representa la superficie topográfica del terreno que incluye edificios, carreteras, vegetación, es decir todos los elementos ya sean naturales o artificiales presentes en el terreno. Disponer de un completo y exacto MDE a partir de los datos LiDAR, ha proporcionado a los silvicultores, un nivel de información detallada raramente disponible antes del apareamiento de esta tecnología. Este conocimiento adicional acerca de la complejidad del terreno, hidrología, pendiente, aspecto y eventos geológicos (deslizamientos de tierra en particular) ha tenido un gran impacto en la gestión forestal.

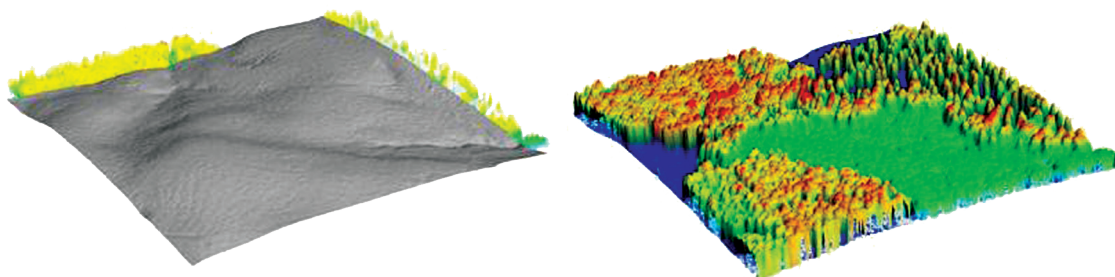


Figura 10: Modelo digital de elevación (izq.) y Modelo digital de superficie (der.) (Fuente: Andersen, H.E., et al. 2006.)

EL MDS se calcula típicamente por medio del primer impulso de eco y el MDE con el último pulso de eco. Para garantizar que no se producirán errores sistemáticos entre el primer y último pulso, la calibración se la hará en lugares planos, sin vegetación tales como caminos, pistas de aterrizaje, techos, campos deportivos.

4.3 Software para análisis y visualización de datos LiDAR.

Existen una gran variedad de software para análisis y visualización de datos LiDAR, uno de los más utilizados en el ámbito forestal es el software FUSION / LDV (McGaughey, 2013). Es una herramienta para visualización y análisis de datos LiDAR desarrollado por el Equipo de Silvicultura y Modelos Forestales del Departamento de

Investigación del Servicio Forestal de los EE.UU., y consiste en dos programas principales, FUSIÓN y LDV (visor de datos LiDAR), y una colección de programas de línea de comandos y algoritmos para realizar tareas específicas.

Una vez normalizada la nube de puntos, se calcula todo el conjunto de estadísticos de la vegetación con el comando gridmetrics. El resultado del comando son 2 archivos con los estadísticos de los retornos de elevación y de intensidad.

Entre los principales estadísticos tenemos la fracción de cabida cubierta (FCC), y que nos permite calcular la cobertura de la vegetación a partir de los primeros retornos. La FCC es igual al porcentaje de primeros retornos que no llegan directamente al suelo.

Variable	Símbolo	Características
Percentil 5	P5	Variables relacionadas con la biomasa, altura y volumen basadas en la relación existente entre estas variables físicas y la altura.
Percentil 10	P10	
Percentil 20	P20	
Percentil 25	P25	
Percentil 30	P30	
Percentil 40	P40	
Percentil 50	P50	
Percentil 60	P60	
Percentil 70	P70	
Percentil 80	P80	
Percentil 90	P90	
Percentil 95	P95	
Altura máxima	h _{max}	Caracteriza la estructura del dosel basada en la distribución de los retornos. Aporta información del factor de cubierta en una parcela.
Altura media	h _m	
Desviación estándar de las alturas	h _d	
Coefficiente de variación	Cv	Describe la dispersión de los datos de alturas de las parcelas
Asimetría	g ₁	Caracteriza la estructura de la vegetación y su relación con el porcentaje de suelo desnudo basada en la forma de la distribución de las alturas
Curtosis	g ₂	

Tabla 3: Variables derivadas de la distribución de las alturas de los datos LiDAR (Fuente: Estornell, J., 2011)

Estos estadísticos se utilizarán para relacionar la nube de puntos con la información recolectada en campo y nos van a permitir describir la estructura de la vegetación de una zona determinada.

Existe una alta correlación entre la estructura de la vegetación y las variables biofísicas que se utilizan en la gestión forestal (biomasa, densidad, volumen). Gracias a esta correlación podemos ajustar modelos matemáticos que nos permiten cuantificar variables de masa forestal como el número de árboles, el área basimétrica, el volumen de madera o la biomasa.

Para ajustar estos modelos matemáticos tenemos que medir las variables de masa que queremos estimar en parcelas de campo, levantar la posición de esas parcelas con un GPS de precisión, extraer los estadísticos del LIDAR de cada una de las parcelas realizadas y ajustar modelos que relacionen las variables LIDAR con las variables de masa.

5. Modelos de regresión

El análisis de regresión es una técnica estadística para el modelado y la investigación que explican la dependencia de una variable con respecto de una o varias variables cuantitativas (Peña, 2002). En el ámbito de la Ciencia forestal, gran parte de los modelos que se aplican en la actualidad se formulan como un modelo general lineal (Searle, 1997). La regresión lineal o ajuste lineal, es un método matemático que modela la relación entre una variable dependiente Y, las variables independientes X_i y un término aleatorio ε.

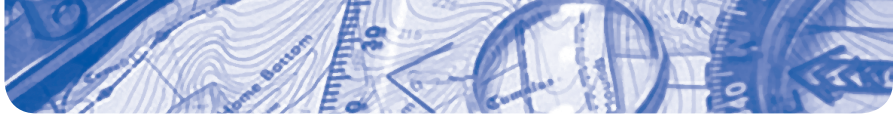
Si establecemos la hipótesis que la mejor forma de describir la relación entre X e Y es mediante la línea recta, el modelo puede ser expresado como:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_p X_p + \varepsilon$$

Y_t: variable dependiente, explicada o regresando.

X₁, X₂, ..., X_p: variables explicativas, independientes o regresores.

β₀, β₁, β₂, ..., β_p: parámetros que miden la influencia que las variables explicativas tienen sobre la variable dependiente.



Donde α_0 es la intersección o término “constante”, las α_i ($i > 0$) son los parámetros respectivos a cada variable independiente, p es el número de parámetros independientes a tener en cuenta en la regresión y ϵ es la perturbación aleatoria que recoge todos aquellos factores de la realidad no controlables u observables que las variables independientes no son capaces de explicar, es decir, son las diferencias entre los valores observados y los pronosticados, y que por tanto se asocian con el azar, confiriéndole al modelo su carácter estocástico.

Los modelos de regresión más habituales para inventario LiDAR son los siguientes:

1.- Polinomiales:

a) Lineales.

$$f(x, a) = a_0 + a_1 x$$

$$a = (a_0, a_1)$$

b) Cuadráticas.

$$f(a, x) = a_0 + a_1 x + a_2 x^2$$

$$a = (a_0, a_1, a_2)$$

c) En general de grado menor o igual a m .

$$f(a, x) = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \dots + a_m x^m$$

$$a = (a_0, a_1, a_2, \dots, a_m)$$

2.- Potenciales:

$$f(x, a) = a_0 \cdot x^{a_1}$$

$$a = (a_0, a_1)$$

3.- Exponenciales:

$$f(x, a) = a_0 \cdot (a_1)^x$$

$$a = (a_0, a_1)$$

Existen diversos modelos que, no siendo directamente modelos lineales, admiten una transformación que los permite estudiar como si fueran modelos lineales. Los más utilizados son los modelos potenciales, modelos exponenciales y los modelos logarítmicos.

5.1 Comparación, selección y validación de modelos.

Durante el proceso de determinación de modelos, es común emplear diferentes expresiones matemáticas y/o distintas metodologías de ajuste para obtener la relación entre una variable dependiente y una o más variables independientes. Por tanto, es imprescindible contar con algún procedimiento que permita determinar cuáles de esas expresiones y/o metodologías son las más adecuadas para cumplir con los objetivos del modelo. Eso es lo que se denomina comparación y selección de modelos.

Tanto la comparación y selección de modelos como la validación de un modelo se basan en evaluaciones cualitativas y cuantitativas. En el primer caso, el objetivo es analizar si cada ecuación o componente del modelo por separado, y el conjunto de ecuaciones o componentes que constituyen el modelo como un todo, tienen un

comportamiento lógico. Por su parte, el objetivo de la evaluación cuantitativa es caracterizar los errores del modelo (diferencias entre el valor real medido y el que estima el modelo) en términos de su magnitud y distribución. La selección del mejor modelo debe tener en cuenta lo que se conoce sobre las relaciones entre la variable a explicar y la variable o las variables independientes, lo que se utilizará para construir un modelo coherente, a no ser que se pueda demostrar que el conocimiento inicial era erróneo (Peña, 2002).

5.2 Criterios de selección de modelos

Existen 2 tipos de criterios para comparar modelos. El primero considera medidas de ajuste del modelo a los datos, y el segundo medidas de su capacidad predictiva. El primer tipo de criterios es solo útil para comparar modelos con el mismo número de parámetros, ya que si aumentamos el número de parámetros mejora el ajuste. El segundo es más adecuado, y es el que se utiliza en la práctica (Peña, 2002).

La caracterización de los errores de la evaluación cuantitativa se basa habitualmente en el empleo de estadísticos de bondad del ajuste y en el análisis gráfico de los residuos. Los estadísticos que más

se emplean para cuantificar la bondad de las estimaciones son el coeficiente de determinación (R^2), la raíz del error medio cuadrático (REMC) y el criterio BIC (Bayesian Information criterion) propuesto por Schwarz (Schwarz, 1978) basado en una aproximación a la probabilidad a posteriori de los modelos, dados los datos.

Aunque existen opiniones fundamentadas que plantean dudas en relación con el empleo del R^2 como medida del grado de fiabilidad o bondad del ajuste del modelo ajustado a un conjunto de datos, este estadístico da una idea bastante intuitiva de la variabilidad que explican.

Un R^2 igual a 1 significa un ajuste lineal perfecto mientras que el valor cero indica la no representatividad del modelo lineal, lo que supone que el modelo no explica nada de la variación

total de la variable Y. No obstante y sin tratar de mermar la importancia de R^2 , debe tomarse como una primera medida a completar con otras, para evaluar el modelo lineal de regresión ajustado y obtener conclusiones válidas sobre su grado de ajuste al conjunto de observaciones (Rodríguez, 2005).

Por otra parte, el estadístico REMC resulta útil porque está expresado en las mismas unidades que la variable dependiente, por lo que da una idea del error medio que se comete con el modelo, además de que penaliza los modelos con mayor número de parámetros, de acuerdo con el principio general de simplicidad científica. De ahí que, cuanto mayor sea el valor del coeficiente de determinación R^2 y menor sea el valor del estadístico REMC, mayor será la exactitud del modelo.

Modelización de variables dasométricas			
Variables dependientes	Nombre	Variables independientes	Producto
N	Número de pies	Estadísticos LIDAR de cobertura arbórea, de alturas y de intensidad	Inventario forestal
G	Área basimétrica	Estadísticos LIDAR de cobertura arbórea, de alturas y de intensidad	Inventario forestal
Dg	Diámetro cuadrático medio	Estadísticos LIDAR de cobertura arbórea, de alturas y de intensidad	Inventario forestal
Ho	Altura dominante	Estadísticos LIDAR de altura	Inventario forestal
HL	Altura de Lorey	Estadísticos LIDAR de altura	Cartografía de modelos de combustible y comportamiento del fuego
VCC	Volumen con Corteza	Estadísticos LIDAR de cobertura arbórea, de alturas y de intensidad	Inventario forestal
VSI	Volumen de madera de sierra	Estadísticos LIDAR de cobertura arbórea, de alturas y de intensidad	Inventario forestal con clasificación de productos
VIN	Volumen de madera de industria	Estadísticos LIDAR de cobertura arbórea, de alturas y de intensidad	Inventario forestal con clasificación de productos
VRE	Volumen de residuo forestal	Estadísticos LIDAR de cobertura arbórea, de alturas y de intensidad	Inventario forestal con clasificación de productos
VLE	Volumen de leñas	Estadísticos LIDAR de cobertura arbórea, de alturas y de intensidad	Inventario forestal
IAVC	Incremento del volumen sin corteza	Estadísticos LIDAR de cobertura arbórea, de alturas y de intensidad	Inventario forestal
CBH	Altura de inserción de copa viva	Estadísticos LIDAR de alturas	Cartografía de modelos de combustible y comportamiento del fuego
FB	Biomasa foliar	Estadísticos LIDAR de cobertura arbórea, de alturas, densidad de retornos e de intensidad	Cartografía de modelos de combustible y comportamiento del fuego
SB	Biomasa de fuste	Estadísticos LIDAR de cobertura arbórea, de alturas y de intensidad	Cartografía de modelos de combustible y comportamiento del fuego
BB	Biomasa de ramas	Estadísticos LIDAR de cobertura arbórea, de alturas, densidad de retornos e de intensidad	Cartografía de modelos de combustible y comportamiento del fuego
BC	Cobertura de matorral	Estadísticos LIDAR de cobertura de matorral y de cobertura arbórea	Cartografía de modelos de combustible y comportamiento del fuego
HB	Altura de matorral	Estadísticos LIDAR de altura y de cobertura arbórea y de matorral	Cartografía de modelos de combustible y comportamiento del fuego

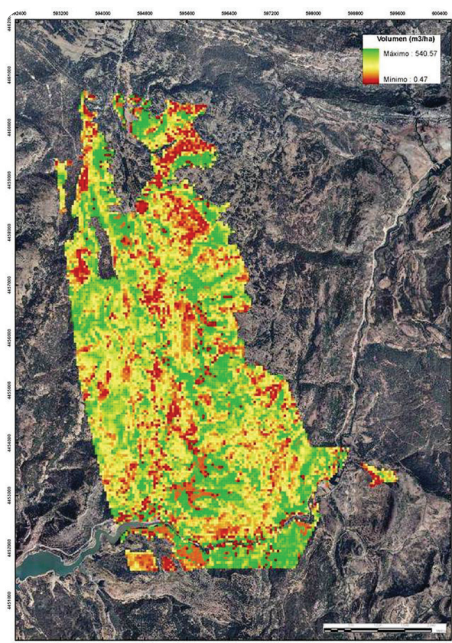
Tabla 4: Modelización de variables dasométricas. (Fuente: Agresta.org)

6. Generación de cartografía temática representativa de las estimaciones calculadas.

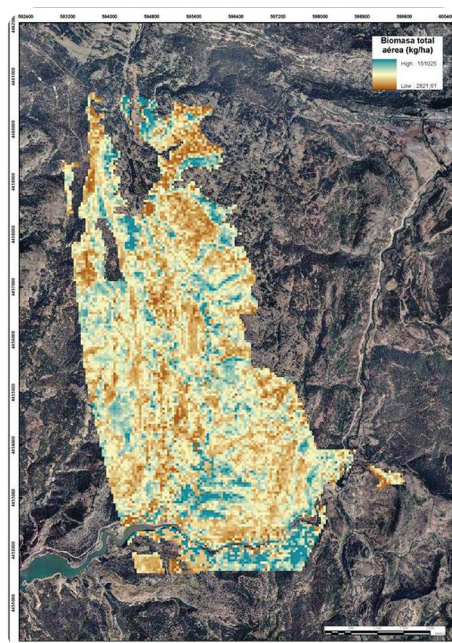
Para generar cartografía forestal se debe tener en cuenta cual es el tamaño de pixel óptimo o celda de dicha cartografía. La elección del tamaño del pixel está sujeta a diferentes variables (Zaldo, Moré, & Fernández, 2010): la resolución de los datos de partida, la estructura espacial del ecosistema, la variabilidad forestal y el tipo de variable a representar. Es decir se trata de una

elección compleja que no solo depende de los datos de partida.

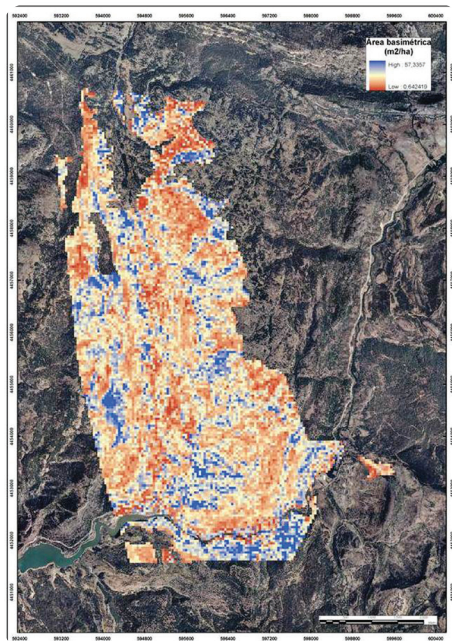
Los modelos matemáticos calculados a partir de las regresiones, se aplican a cada una de las celdas para obtener los resultados de las variables de masa modelizadas. A manera de ejemplo de los mapas resultantes, en la figura 11 se muestran mapas continuos de diferentes variables forestales del Monte número 117 del C.U.P. término Municipal de Cuenca-España.



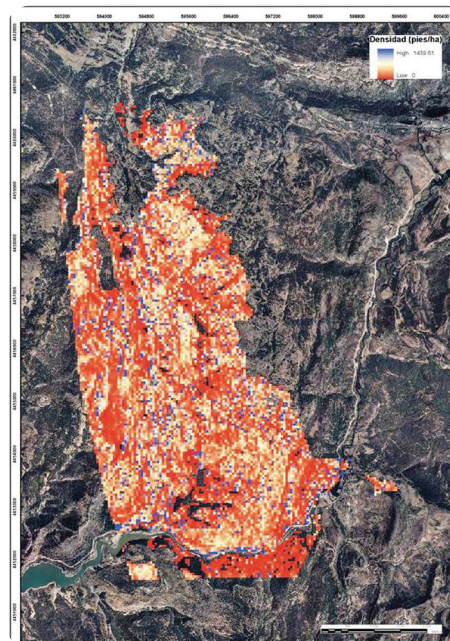
Mapa continuo de volumen (m³/ha)



Mapa continuo de biomasa total aérea (kg/ha)



Mapa continuo de área basimétrica (m²/ha)



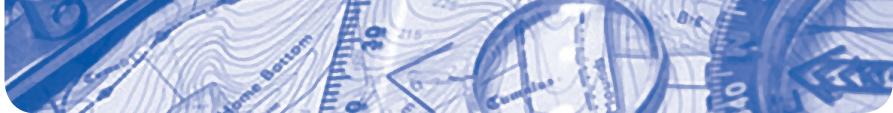
Mapa continuo de densidad (pies/ha)

Conclusiones

- Los sensores LiDAR aerotransportados suministran información precisa sobre la estructura vertical (3D) y horizontal (2D) de ecosistemas forestales a costos y en tiempos más razonables que el levantamiento de información tradicional a través de los inventarios clásicos.
- La información producida por LiDAR permite la modelización de variables ecológicas y forestales con un nivel de fiabilidad que no se consiguen con otras aproximaciones o métodos tradicionales.
- La integración de datos LiDAR en un Sistema de Información Geográfica permite automatizar los procesos de análisis para la obtención de variables forestales y sus respectivos mapas de representación.
- La metodología estudiada, conjuntamente con el uso de imágenes multispectrales de alta resolución y técnicas de procesamiento de imágenes orientadas a objetos geográficos (GEOBIA) servirá de base para aplicarla en la investigación que se realiza en un sector del parque Nacional Yasuní. Sus resultados permitirán ratificar o generar nuevas metodologías y procedimientos estudiados hasta la fecha en el ámbito forestal en un ambiente de bosque tropical amazónico.

Referencias Bibliográficas

- Andersen, H.E., Reutebuch, S.E., and McGaughey, R.J.**, 2006. Forest measurement and monitoring using high-resolution airborne LIDAR. Oregon State University American Society of Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS) Student Chapter meeting, June 2, 2006, Corvallis, OR.
- Fabra Crespo, M.** (2012). Aplicaciones de la tecnología LiDAR al sector forestal y comparación de costes frente a metodologías tradicionales. *Revista Montes.*, 110, 33–37.
- García, D.** (2010). Estimación de variables de interés forestal basada en datos LiDAR en el monte número 117 del C.U.P. Término Municipal de Cuenca. Universidad Politécnica de Madrid.
- Hyypä, J., Hyypä, H., & Litkey, P.** (2004). Algorithms and methods of airborne laser-scanning for forest measurements. ... *Remote Sensing and ...*, (1998). Retrieved from <http://www.researchgate.net/publication/228723758>
- Algorithms_and_methods_of_airborne_laser-scanning_for_forest_measurements/**file/9fcfd50b298a21d963.pdf
- Köhl, M., Magnussen, S. S., & Marchetti, M.** (2006). Sampling methods, remote sensing and GIS multiresource forest inventory. Springer.
- Leppänen, V. J., Tokola, T., Maltamo, M., Mehtätalo, L., Pusa, T., & Mustonen, J.** (2008). Automatic delineation of forest stands from lidar data. In Conference presentation in GEOBIA (p. 6).
- McGaughey, R. J.** (2013). FUSION/LDV: Software for LIDAR Data Analysis and Visualization, Version 3.30. US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, University of Washington. Available Online at: <http://forsys.cfr.washington.edu/fusion/fusionlatest.html> (last Accessed 11 November 2013).
- Næsset, E., & Økland, T.** (2002). Estimating tree height and tree crown properties using airborne scanning laser in a boreal nature reserve. *Remote Sensing of Environment*, 79(1), 105–115.
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), C. S. C.** (2012). Lidar 101: An Introduction to Lidar Technology, Data, and Applications. Charleston, Sc: NOAA Coastal Services Center.
- Pascual Castaño, I. C., Cohen, W., García Abril, A., Arroyo Méndez, L. A., Valbuena Puebla, R., Martí Fernández, S., & Manzanera de la Vega, J. A.** (2008). Mean height and variability of height derived from Lidar data and Landsat images relationship. In *Proceedings of SilviLaser 2008: 8th International Conference on LiDAR Applications in Forest assessment and Inventory*. Edinburgh, UK: Bournemouth: SilviLaser 2008 Organizing Committee, 2008.
- Peña, D.** (2002). Regresión y diseño de experimentos. Madrid: Alianza editorial.
- Rodríguez, M. E. M.** (2005). Errores frecuentes en la interpretación del coeficiente de determinación lineal. *Anuario Jurídico Y Económico Escurialense*, (38), 315–331.
- Schwarz, G.** (1978). Estimating the dimension of a model. *The Annals of Statistics*. Retrieved from <http://projecteuclid.org/euclid.aos/1176344136>
- Searle, S. R.** (1997). Linear models. John Wiley & Sons.



Wulder, M. A., & Seemann, D. (2003). Forest inventory height update through the integration of lidar data with segmented Landsat imagery. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 29(5), 536–543.

Zhao, K., Popescu, S., & Nelson, R. (2009). Lidar remote sensing of forest biomass: A scale-invariant estimation approach using airborne lasers. *Remote Sensing of Environment*, 113(1), 182–196.

Zaldo, V., Moré, G., & Fernández, X. (2010). Estimación y cartografía de parámetros ecológicos y forestales en tres especies (*Quercus ilex* L. subsp. *ilex*, *Fagus sylvatica* L. y *Pinus halepensis* L.) con datos. *Revista de Teledetección: Revista de La ...*, 55–68. Retrieved from http://www.aet.org.es/revistas/revista34/Numero34_07.pdf

Páginas Web:

<http://www.agresta.org/i-d/inventario-forestal-lidar>.
http://www.docstoc.com/docs/document-preview.aspx?doc_id=46365581
<http://agronomos.agr-ab.uclm.es/Guias/GuiaFores/Segundo/Dasometria.htm>.

ABREVIATURAS:

ALS	Airborne Laser Scanner
Dbh	Diameter at breast height
DGPS	Differential Global Positioning System
FFC	Fracción de Cobertura Cubierta
GEOBIA	Geographic Object Based Image Analysis
GMREC	Grupo de Monitoreo y Reconocimiento Electrónico Conjunto.
INS	Inertial Navigation System
LAI	Leaf Area Index
MDE	Modelo Digital de Elevación
MDS	Modelo Digital de Superficie
nDSM	normalized Digital Surface Model
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
REMC	square root of the quadratic mean error

Metodología para el posproceso y la edición de Datos Lidar

Ing. Lenin Jaramillo • lenin.jaramillo@mail.igm.gob.ec
Dpto. Fotografía Aérea - Gestión Cartográfica

Resumen

Como parte del Fortalecimiento del Instituto Geográfico Militar, está explorando diferentes opciones y alcances para el uso de nubes de puntos tomadas con el sensor LiDAR (acrónimo en inglés para Medición y Detección de Imágenes con Láser), como parte del proceso de generación de cartografía y orotofotos.

La tecnología LiDAR es resultado de la integración de las tecnologías de sistemas de posicionamiento global (GPS), Unidad de Medición Inercial (IMU) y sensor láser, que se utiliza para la captura de datos de altitud. Estos datos sirven para definir la superficie del terreno y generar Modelos Digitales de Elevación (MDE).

Abstract

As part of the Strengthening IGM, is exploring different options and scope for the use of point clouds taken with the LiDAR sensor (acronym for Measurement and Detection Imaging Laser) as part of the process of generation of cartography and orotofotos.

LiDAR technology is the result of the integration of technologies of global positioning systems (GPS), Inertial Measurement Unit (IMU) and laser sensor, which is used for data capture altitude. These data serve to define the ground surface and generate Digital Elevation Models (DEM).

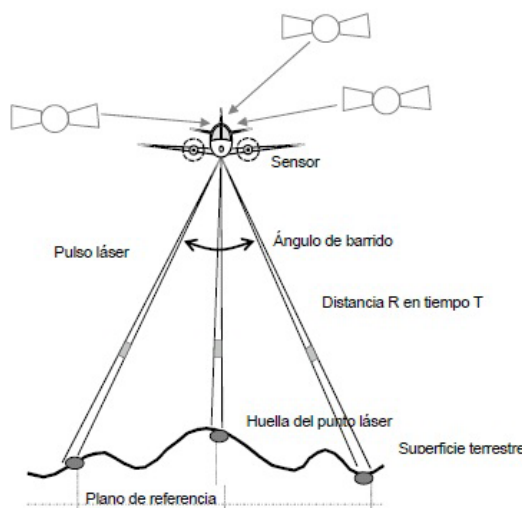
So LIDAR will be a tool that will increase the range of mapping products and services for all the country geographic actors.

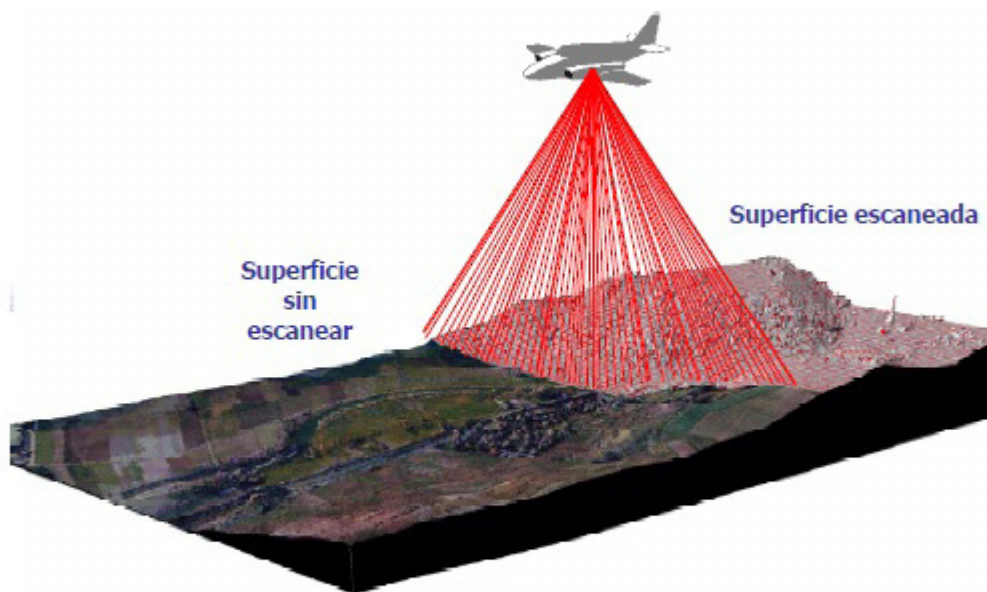
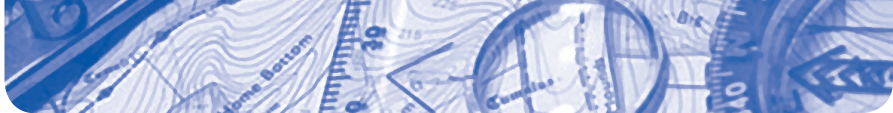
1.1. Descripción del sistema Lidar.

LIDAR: Acrónimo de “Light Detection and Ranging”. Su traducción literal sería “detección y medición de la luz”, y se trata de un sistema láser de medición a distancia que se utiliza a menudo en los campos de ciencia e industria para la toma de medidas precisas en objetos lejanos e inaccesibles. Recientemente esta técnica se está introduciendo en el campo de la cartografía puesto que permite la modelización rápida del terreno en zonas con accesos difíciles. Este sistema es el equivalente óptico del sistema radar de microondas por lo que a menudo se le llama “radar láser” en la literatura anglosajona.

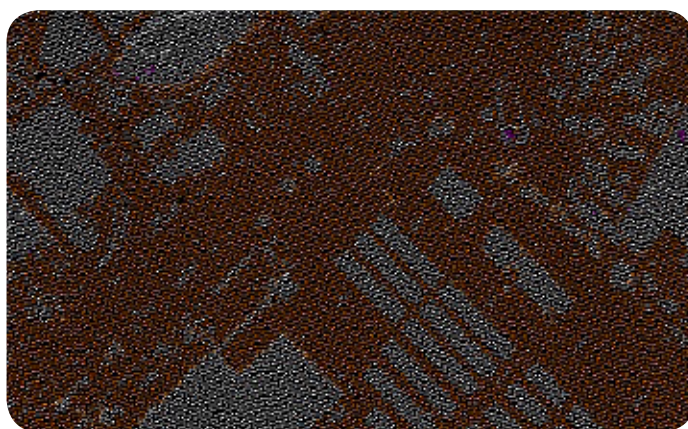
El sistema LIDAR es un sistema complejo, compuesto por un emisor/receptor y un escáner láser muy potente, un receptor GPS que proporciona la posición y la altura del avión en cada momento, y un sistema inercial (IMU) que informa de los giros del avión y de su trayectoria.

El elemento principal de un sistema LIDAR es el escáner láser, que va aerotransportado y emite pulsos de luz infrarroja que servirán para determinar la distancia entre el sensor y los puntos del terreno. A partir del tiempo que ha tardado cada rayo en ir y venir y de la velocidad de la luz, se deduce con facilidad la distancia a la que está el objeto estudiado.





Escaneo mediante láser de la superficie terrestre.



Nube de Puntos

La toma de datos puede hacerse desde un avión o desde un helicóptero, dependiendo del tipo de trabajo. En el primer caso se prima la productividad, se vuela más alto y se abarca una zona mayor, mientras que si se vuela la zona con un helicóptero, se puede volar más lento, a menos altura, y se obtiene mayor densidad de puntos.

La altura máxima a la que puede volar un avión/helicóptero con un sistema LIDAR debería estar condicionada por la frecuencia de emisión del sistema láser, aunque en la práctica este intervalo

de tiempo es suficientemente pequeño como para no ser el elemento determinante. El parámetro que establecerá el límite en la distancia será la pérdida de energía de la señal, que a partir de una cierta altura de vuelo no retornará al escáner láser. Durante el vuelo, se toman medidas en los tres subsistemas de los que dispone el LIDAR: GPS, IMU y ALS (Airborne Láser Scanning) de forma independiente pero con una identificación de tiempos acorde con el tiempo GPS. Estas identificaciones serán las que permitan sincronizar todas las medidas en postproceso.

1.1.1. Esquema de los sistemas de referencia de los tres subsistemas: GPS, IMU, ALS.

Además de las medidas realizadas con el láser, es necesario conocer las coordenadas de la antena GPS y la posición del ALS respecto a esta antena para poder proporcionar de coordenadas WGS84 a los puntos del terreno.

Las coordenadas de la antena en cada instante se conocerán después de hacer el postproceso en la oficina y la distancia entre ambos sistemas se habrá medido previamente con una estación total. Finalmente, la orientación entre la antena GPS y el centro del ALS vendrá dada por sistemas inerciales.

Después del vuelo los datos GPS y los datos IMU se integran mediante un filtro Kalman para determinar la trayectoria del vuelo y los giros en cada instante. Estos elementos más el ángulo de salida que ha formado el pulso láser con respecto a la vertical, se combinan para determinar la línea imaginaria que ha descrito el pulso láser en el espacio.

Finalmente la longitud del camino descrito por el rayo, los giros definidos por los sistemas inerciales, y la posición del escáner láser obtenida a partir de las medidas GPS, se utilizarán para determinar las coordenadas WGS84 de los puntos medidos. Una vez se ha llegado a este punto se tienen que realizar dos conversiones más, del sistema WGS84 al datum nacional (si es el caso), y el paso de alturas elipsoidales a alturas ortométricas.

Para asegurar una correcta transformación entre sistemas de coordenadas, se calibrarán los diferentes subsistemas de forma individual y conjunta, tanto en el laboratorio como en el terreno antes del vuelo. Para el escáner deberán calibrarse tanto los elementos geométricos como radiométricos del láser y muy especialmente la posición relativa respecto al sistema inercial.

Hay que destacar que un sistema Lidar, puede discriminar entre múltiples respuestas recibidas de un mismo pulso permitiendo determinar las superficies intermedias, como líneas de tensión o coberturas vegetales. En la actualidad hay escáneres de varios tipos: los que reconocen hasta 7 ecos, los que solo reconocen el primer pulso, los que solo reconocen el último, los que reconocen el primero y el último, etc. Dependerá el tipo de trabajo que desee realizarse para trabajar con un escáner u otro.

Gracias a la recepción de múltiples ecos y a la aplicación de filtros adecuados, se podrá analizar la información recibida, discriminando entre

los diferentes pulsos e identificando el tipo de superficie objeto de la medición.

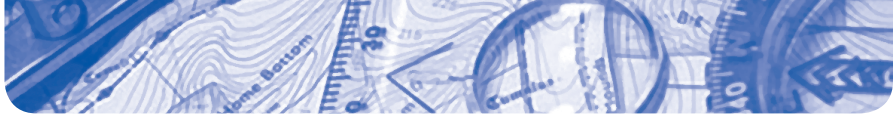
A partir de la gran cantidad de pulsos recibidos (se emiten unos 150.000 pulsos por segundo y se recibe el 95% de los pulsos emitidos más sus ecos), se genera un modelo digital de elevaciones de altísima densidad. Como mínimo un MDT (Modelo Digital Del Terreno) LIDAR es tres veces más denso que un MDT generado por procesos de correlación. Se obtendrá una nube de puntos súper abundante que permitirá modelar el terreno con el máximo detalle. Esta nube de puntos tendrá un ratio de “puntos medidos / espacio” mayor que con cualquier otra técnica actualmente existente.

1.1.2. Precisiones.

Generalmente se habla de unas precisiones de 15 cm en altimetría y de 50-70 cm en planimetría, pero existen una serie de notas que hay que tener en cuenta cuando se habla de precisiones de un sistema Lidar:

- Las especificaciones de las casas comerciales, se deben tomar con una fiabilidad de 68%, esto se deduce de la literatura de proyectos ejecutados. Hablar de valores de precisión para niveles de confianza del 90% ó 95%, es muy difícil de garantizar.
- Es común encontrarse las precisiones calculadas como media entre los valores obtenidos a partir del máximo y mínimo ángulo de escaneo, mientras que la precisión disminuye a medida que aumenta el ángulo de escaneo.
- La precisión se obtiene a partir del sistema de referencia del GPS, y no se toman en cuenta los errores derivados del modelado del geode.
- Los análisis de la precisión se obtienen de la comparación de las medidas de campo con los puntos de control, sin analizar cómo se han obtenido las coordenadas de éstos.
- Finalmente, decir que las precisiones de las que se habla en la mayoría de los casos son altimetría, mientras que no hay muchos detalles de la planimetría.

Por todo eso, antes de trabajar con cualquier equipo, se recomienda un análisis detallado de las condiciones bajo las cuales se garantizan las precisiones que se nos ofrecen.



1.1.3. Producto obtenido. DTM/DSM.

Una de las ventajas principales del LIDAR es que permite la obtención tanto de MDT (modelos digitales del terreno) como de MDE (modelos de elevaciones), y por lo tanto, proveerá a la cartografía de múltiples elementos que no era posible capturarlos de forma remota hasta el momento.

2. Ventajas del sistema.

El sensor LIDAR ofrece una serie de ventajas significativas con respecto a las técnicas utilizadas tradicionalmente, como son, precisión, fiabilidad, rentabilidad y rapidez a la hora de generar modelos digitales del terreno y al mismo tiempo modelos de elevaciones. Así mismo nos permite la cartografía de múltiples elementos que no era posible capturarlos de forma remota hasta el momento.

Al contar con mayor densidad de puntos y una posterior edición manual, los objetos que no forman parte del modelo del terreno presentan una mejor depuración, como por ejemplo puentes y construcciones, ya que no se trabaja con una malla regular de puntos generados por interpolación u otro método de generación de MDT, sino con puntos reales, tomados directamente sobre el terreno.

Con respecto a la rentabilidad y rapidez, cabe decir que de forma completamente automática, se podrían generar MDT's de alta precisión.

La generación de ortofotografía es rápida, no existe comparación alguna con respecto a técnicas clásicas de MDT, pudiendo generar a partir de datos LIDAR (sin depuración manual) MDT rápidos y automáticos para su utilización a la hora de generar ortofotografía rápida.

Experimenta poca sensibilidad a condiciones de iluminación (día y noche) y ambientales (clima, humo, etc.).

Si se combina con cámara digital fotogramétrica de gran formato se pueden obtener simultáneamente las imágenes métricas (ortofotos) y el MDT.

3. Aplicaciones LiDAR

Nos encontramos frente a un sistema de innumerables aplicaciones, gracias a la rapidez con la que pueden obtenerse los resultados y a la no-dependencia del trabajo de campo. Entre otras, citaremos aquí aplicaciones cuyo método más adecuado parece ser el sistema LIDAR:

3.1. Área de obra civil e industria

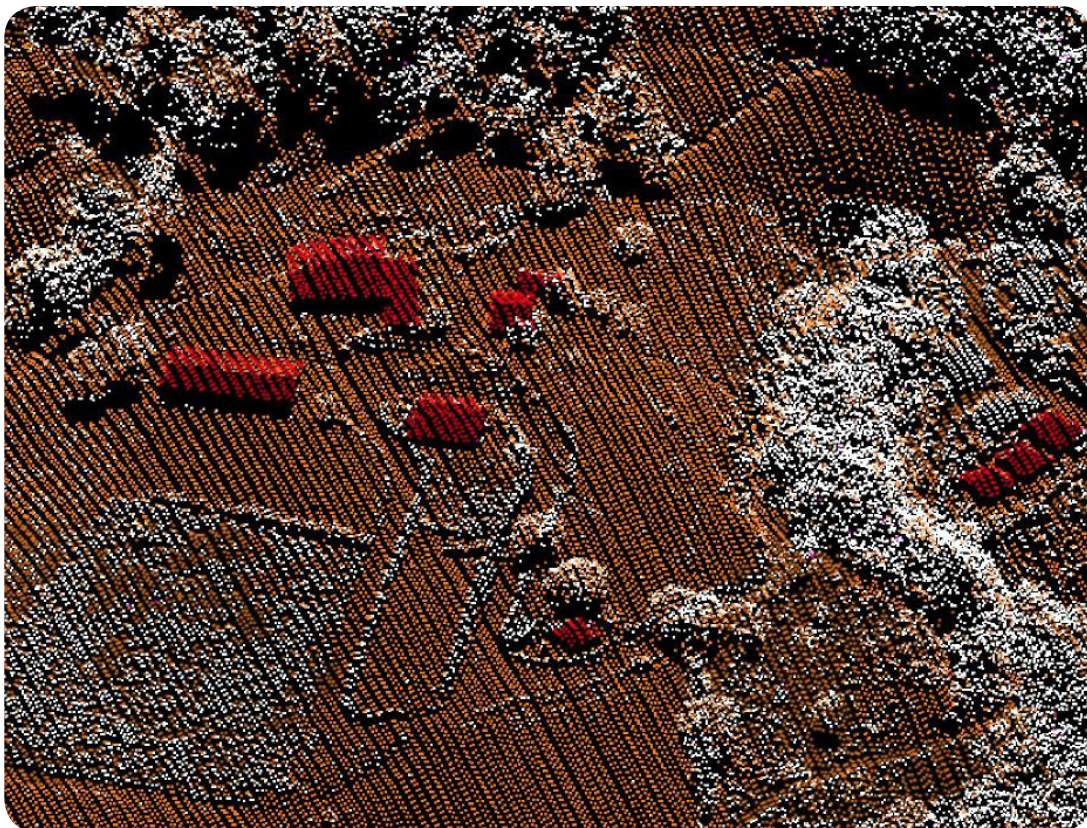
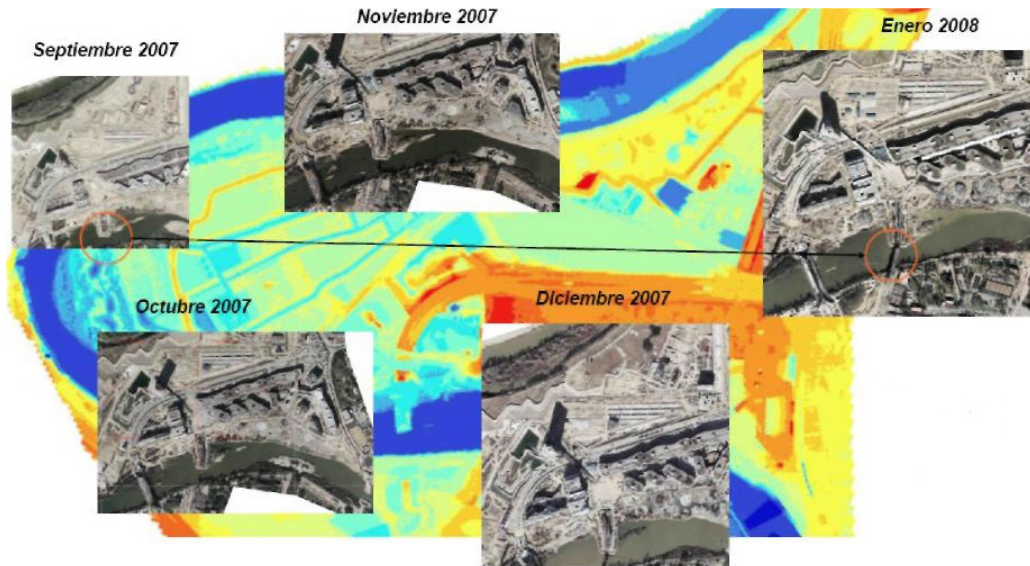
- Carreteras Toma simultánea de fotografías y datos láser.

3.2. Área energías

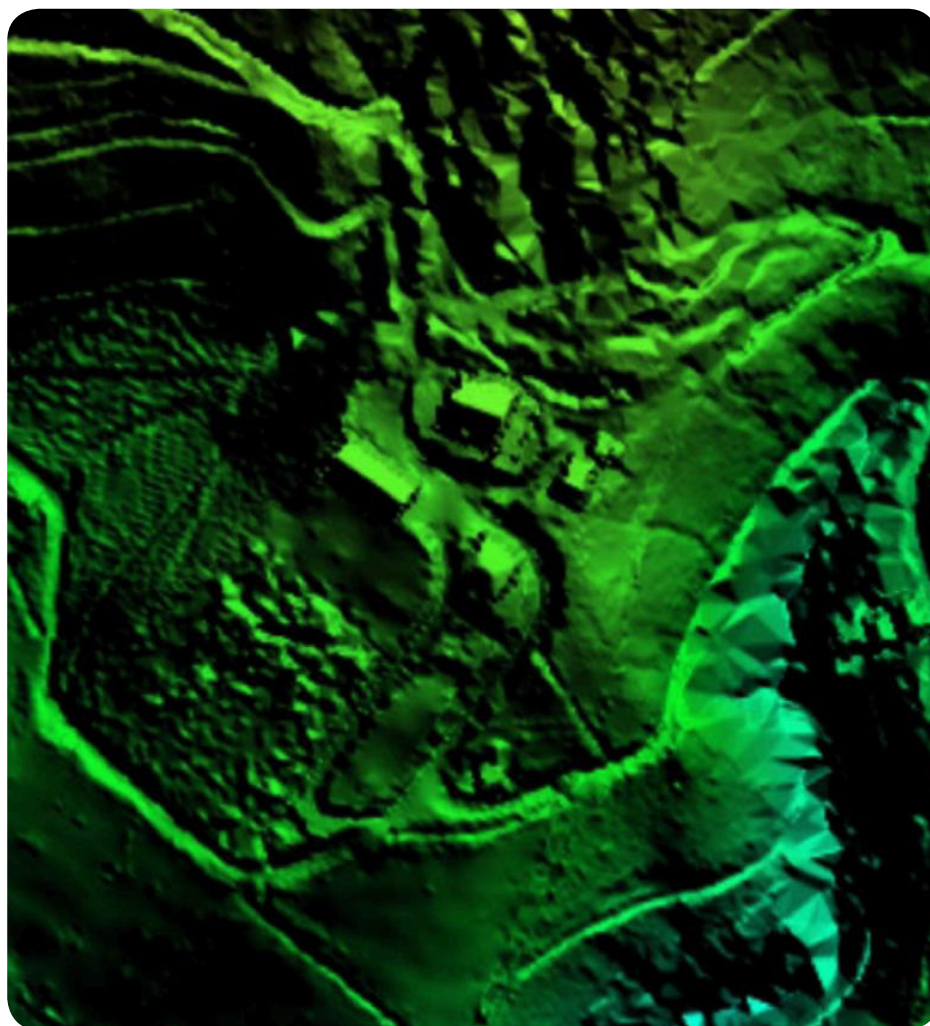
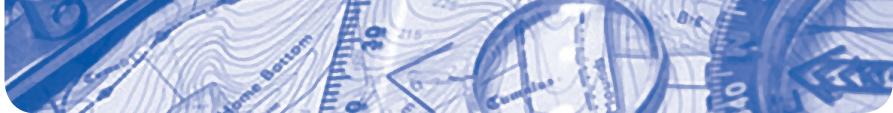
1. Realización de trabajos de cartografía a escalas grandes (1:2 000, 1: 1 000)
2. Líneas eléctricas Levantamiento de líneas de transmisión y sub- estaciones eléctricas .
3. Forestal y riberas: La recepción de múltiples ecos permite el modelado de diferentes tipos de vegetación.
4. Costas: tanto para zonas de arenas que son de difícil abordamiento desde la fotogrametría digital como para las zonas especialmente abruptas, de acantilados, etc.
5. Cartografía de riesgos: Gracias a la rapidez y precisión en la obtención de los resultados, esta técnica se convierte en una herramienta imprescindible para la cartografía de riesgos y desastres naturales.
6. Cartografía de zonas de difícil acceso: Las zonas de difícil acceso terrestre suelen ser zonas de un elevado interés medioambiental, y en estos casos la aplicación de técnicas topográficas o fotogramétricas, es compleja debido a que es necesario un trabajo de campo importante. En estas situaciones el sistema LIDAR aporta grandes ventajas.
7. Estudios atmosféricos: Se analiza la cantidad de señal que se emite y la que vuelve, de manera que se estudia la que se ha perdido. Utilizando las leyes de los gases, relaciones hidrostáticas y demás, se calculan las diferentes propiedades atmosféricas: dispersión elástica, temperaturas.
8. Modificaciones del terreno por desastres naturales: Los desastres naturales de más impacto ambiental, provocan alteraciones importantes del territorio que influirán en la planificación de rescate de los afectados. La rapidez de obtención de modelos digitales mediante sistema LIDAR permite la incorporación de los modelos actualizados en la planificación del auxilio a las víctimas.

3.4. Área de Ordenamiento territorial

1. Cartografía
2. Catastro
3. Patrimonio
4. Urbanismo: Los modelos digitales de superficies de las ciudades tienen diversas aplicaciones como son las telecomunicaciones (telefonía móvil), estudio de visibilidades, gestión urbanística, etc.



Patrón irregular de datos LIDAR clasificado por puntos del terreno (naranja), puntos de vegetación (blanco) y puntos de edificaciones (rojo).



DTM de la misma zona de las dos imágenes anteriores.

BIBLIOGRAFÍA

- Documentos del curso de “Producción Fotogramétrica”, dictado por el Consorcio STEREOCARTO-AEROMAPA.
- Documentos del curso de “Planificación y Postproceso de información LIDAR” dictado por el Consorcio STEREOCARTO-AEROMAPA.

Catastro de bienes del Estado, una metodología innovadora para su levantamiento a través de desarrollo de software

Ing. Edison Bravo C. • edison.bravo@mail.igm.gob.ec

Ing. Rocio Narváez • rocio.narvaez@mail.igm.gob.ec

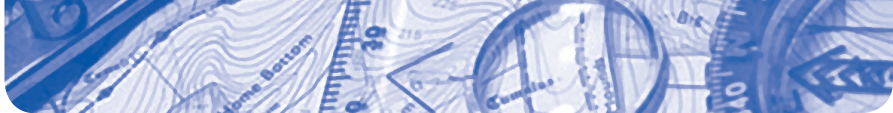
Gestión Geográfica

Resumen

En el trajinar de los proyectos de catastro desarrollados por el Instituto Geográfico Militar (IGM) siempre se ha mantenido a la vanguardia de la innovación tecnológica que permita optimizar los procesos catastrales en el País, es así como desde el año 1998 hasta la actualidad en todos los proyectos del IGM se ha implementado o mejorado estos procesos catastrales de la mano de la tecnología disponible, se ha transitado desde el catastro con bases de datos alfanuméricos y su correspondencia geográfica, hasta el manejo en Bases de Datos Geográficas con modelos avanzados de gestión de datos, desde la presentación de planos o cartas catastrales hasta la publicación del catastro por internet, desde la generación de estandarización propia hasta la utilización de estándares internacionales que avalan la calidad del trabajo realizado. Actualmente para el proyecto del Levantamiento de los Bienes Inmuebles del Estado Ecuatoriano que se lo está desarrollando, ha permitido la aplicación de conceptos avanzados en temas como levantamiento de información, relevamiento semiautomático de información catastral, gestión de bases de datos geográfica, automatización de procesos e Infraestructura de Datos Espaciales, orientado a la mejora y optimización de recursos disponibles para realizar el trabajo encomendado, básicamente se han planteado 4 desafíos a ser implementados: Estandarización, Congruencia y consistencia lógica, Automatización e Infraestructura de Datos Espaciales (IDE), el alcanzar la consecución exitosa de estos desafíos nos permitirá situar el proyecto de Catastro de los Bienes Inmuebles del Estado, como un referente nacional e internacional de buenas prácticas del catastro con soporte en una Infraestructura de Datos Espaciales, se espera además, una reducción importante en los tiempos de levantamiento y relevamiento de campo, afianza nuestro compromiso con el medio ambiente en la reducción de papel utilizado para la elaboración del material de campo y ser reemplazado por dispositivos móviles (tabletas) que electrónicamente y en línea permitirá enviar los datos recolectado en campo y publicarlos “en vivo” en internet.

Abstract

In the bustle of cadastral projects developed by the Military Geographic Institute (IGM) has always been at the forefront of technological innovation that optimizes the cadastral processes in the country. From the year 1998 to the present in all IGM projects have been implemented or improved in hand cadastral processes of technology available. It has been moved from the land with alphanumeric data bases and geographic correspondence to management in geographical databases with advanced models of management data; in addition, since the submission of plans or cards until the publication cadastre internet, and the generation of proper standardization to the use of international standards that guarantee the quality of work performed. Currently the developed project of Rise of the Real Estate of the Ecuadorian State, has allowed the application of advanced concepts in subjects such as information gathering, semi survey cadastral information, database management geographical data, process automation and Spatial Data Infrastructure. The objective is to improve and optimize available resources to perform the contracted work. It will basically raised four challenges to be implemented: Standardization, consistency and logical consistency, Automation and Spatial Data Infrastructure (SDI). Reaching the successful completion of these challenges we will be allowed to place the draft of the Real Estate cadastre of the state as a national and international benchmark of good practice in a land with Spatial Data Infrastructure support. It is also a significant reduction in waiting times survey and field survey, for the strength of our commitment to the environment in reducing paper used for the production of field material; furthermore, be replaced by mobile devices (tablets) that allow online and electronically send the data collected in the field and post “live” on the Internet.



Introducción

En el año 1998, el IGM, con un equipo multidisciplinario de técnicos, concreta su incursión en el tema catastral, a través de la ejecución de su primer proyecto de catastro, realizado en la ciudad de Salinas. Le tomó cerca de 3 años, a la institución, materializar una propuesta, muy avanzada en ese entonces, que planteaba una gestión catastral semiautomática, que adicionó a los componentes tradicionales del catastro, un componente tecnológico.

Este proyecto, presentó grandes innovaciones, en una época donde el interés por la automatización del proceso catastral estaba iniciando. Se desarrollaron conceptos como la implementación de bases de datos gráficas y alfanuméricas vinculadas, con condicionamientos relacionales, que permitieron aprovechar de mejor manera la información generada.

Posterior a esta propuesta, se han desarrollado aproximadamente 14 proyectos catastrales urbanos, rurales y especiales, presentando cada uno de ellos, nuevas mejoras, siempre en busca de la optimización de tiempo y recursos.

De forma paralela a los avances tecnológicos, proyectos como el Catastro del Área de Influencia de la Refinería del Pacífico, Catastro Integral de las Fuerzas Armadas y otros, plantearon nuevos requerimientos por satisfacer. Necesidades como alcanzar mayores niveles de seguridad, desarrollo de bases de datos multiusuario y multipropósito, actualizaciones de forma remota y demás, han exigido la constante preparación, investigación y desarrollo de alternativas metodológicas y aplicaciones informáticas que permitan cumplir con los objetivos propuestos.

Sin embargo, en todas estas experiencias,

ha existido un componente que no se había podido optimizar. La generación del componente físico – geométrico del catastro, que trata de la consolidación de la información espacial de cada predio, dimensionando el terreno, la construcción y las mejoras adheridas a este, siempre ha demandado gran asignación de recursos, en lo referente a la cantidad de personal que se requería para el levantamiento de datos, proceso que necesariamente se debe realizar en situ, visitando cada bien inmueble y tomando los datos directamente.

Si se analizan los costos de ejecución de un proyecto catastral, se podrá definir que cerca del 60% corresponden a los valores del levantamiento en campo del componente físico – geométrico, definiendo a esta como la actividad más cara.

Pero no solo el tema de costos es relevante en este caso, también lo es el tiempo necesario para relevar los datos. Seguramente esta actividad consumirá al menos un 70% del tiempo total establecido.

Estos factores económicos y de tiempo, han determinado que la ejecución catastral sea costosa, por lo que debía necesariamente ser exigente para garantizar una sustentabilidad, convirtiendo en un verdadero reto, el descifrar como optimizar los recursos.

Si adicionalmente se consideraba los nuevos avances en cuanto a manejo de información geográfica, principalmente en lo referente a las herramientas web disponibles para espacialización de datos, nos encontramos con un escenario completamente modificado, que exigía de nuestra parte, mayor creatividad para vincular y aprovechar, las necesidades y las oportunidades, dando como resultado, una nueva metodología de relevamiento de datos físicos – geométricos.

Contenido

El inicio de las actividades del proyecto “Servicio para el Relevamiento Predial Inmobiliaria para la Formación y actualización del Catastro” a ser ejecutado por IGM, ha sido la ocasión para plantear nuevos desafíos en cuanto a las innovaciones tecnológicas que podían implementarse en el proceso catastral, encontrando como principales desafíos lo siguiente:

- Estandarización en la gestión de la información catastral: actividad/innovación que busca el manejar la información geográfica – catastral bajo un mismo lenguaje de entendimiento entre todos

los involucrados dentro del proceso (Informática, catastro).

- Congruencia y consistencia lógica entre datos geográficos y alfanuméricos: aumentar significativamente la correspondencia entre datos de ficha predial – gráfico del predio, logrando así aumentar, significativamente la congruencia de la información levantada en campo.
- Automatización de captura y procesamiento de información: desarrollo de rutinas que permitan maximizar los

procesos del catastro como cálculos de áreas, determinación de la clave catastral, determinación de coordenadas, avalúos preliminares, etc.

- Implementación de la Infraestructura de Datos Espaciales para proveer datos interoperables al proceso de levantamiento catastral y de seguimiento por parte de INMOBILIAR.

Estandarización: se trata del primer paso llevado a cabo para iniciar el proyecto de levantamiento catastral, que consistió en talleres participativos entre los técnicos del Servicio de Gestión Inmobiliaria del Sector Público (INMOBILIAR), pertenecientes a la Dirección de Catastro y Dirección de Tecnología y técnicos

del área de Infraestructura de Datos Espaciales del IGM, quienes elaboraron básicamente el Catálogo de Objetos Institucional del Catastro y el Diccionario de Datos de INMOBILIAR. Para el efecto se utilizó en primera instancia el Catálogo de Objetos Nacional, las normas ISO 19110 e ISO 19126 así como el Perfil Ecuatoriano de Metadatos para la definición del perfil de metadatos para INMOBILIAR.

Para el catálogo de objetos se definieron los objetos propios de INMOBILIAR y se reutilizaron los objetos presentes en el Catálogo de Objetos Nacional, se determinaron los atributos necesarios para describir los objetos y se completó con la elaboración del diccionario de datos conforme a la normativa interna de la Dirección de Tecnologías de INMOBILIAR.

IMPLEMENTACIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES INSTRUMENTAL PARA EL SERVICIO DE GESTIÓN INMOBILIARIA DEL SECTOR PÚBLICO	
PLANTILLA PARA LA RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN Y GENERACIÓN DEL CATÁLOGO DE OBJETOS Y EL DICCIONARIO DE DATOS	
FUENTE	API DEL CATÁSTRO NORMATIVA CATÁSTRO, MIMCO CATÁLOGO DE OBJETOS INSTITUCIONALES DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR PARA CARTOGRAFÍA BASE ESCALA 1:5000 CATÁLOGO NACIONAL DE OBJETOS GEOGRÁFICOS VERSIÓN 2.0, SEMPLADES INSTITUTO ECUATORIANO DE ESTADÍSTICAS Y CENSO, INEC ORDENANZA METROPOLITANA DE CATÁSTRO INMOBILIARIO NO. 0222, ART. 48 INDEMBUENADO SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN TERRITORIAL, CONADEP
PRODUCIDOR	NOMBRE: SERVICIO DE GESTIÓN INMOBILIARIA DEL SECTOR PÚBLICO - INMOBILIAR DIRECCIÓN: AV. AMAZONAS 922 04 Y VÍA UMBELA, SERVICIO SALAZAR PAÍS: ECUADOR PROVINCIA: PICHINCHA CIUDAD: QUITO ON LINE: www.inmobiliaria.gob.ec CONTACTO: DIRECCIÓN NACIONAL DE INVENTARIO Y CATÁSTRO INMOBILIARIO (DNICI) CARGO: UNIC TELÉFONO: 781 - 1 - 918708 EXT. 1500 - 1501 ELABORADO POR: SERVICIO DE GESTIÓN INMOBILIARIA DEL SECTOR PÚBLICO, DIRECCIÓN NACIONAL DE INVENTARIO Y CATÁSTRO INMOBILIARIO (DNICI) EMAIL: datos@inmobiliaria.gob.ec



Ilustración 1 Catálogo de Objetos e instructivo de Metadatos INMOBILIAR

(Fuente INMOBILIAR)

Congruencia y consistencia lógica

Uno de los problemas en el levantamiento de la información catastral es la congruencia entre la información generada por el relevamiento predial y el levantamiento planimétrico georeferenciado, pudiendo en ocasiones tener un excedente o faltante de registros, sea en la información alfanumérica y gráfica, esto genera inconsistencia en la información presente en el sistema catastral. Para minimizar estos efectos se diseñó una metodología de trabajo de levantamiento de información soportada en el diseño de una Base de Datos Geográfica (BDG) que permita manejar los datos gráficos y alfanuméricos de manera simultánea y que además sea el soporte de una plataforma semejante al paradigma del CLOUD COMPUTING en el que permita aplicar tecnología móvil (Tabletas electrónicas) para el relevamiento de información predial.

Para el relevamiento de información predial se utilizan tabletas con funcionalidades de GPS y conexión a internet, para la colección de datos se utiliza la aplicación ODK Collect ¹, la misma que permite, mediante la elaboración de formularios (Xforms), diseñar la ficha catastral y coleccionar datos para luego ser enviados por internet a los servidores del IGM, esta aplicación incluso permite trabajar en “tiempo real”, de manera que los datos puedan ser accedidos desde cualquier parte del mundo.

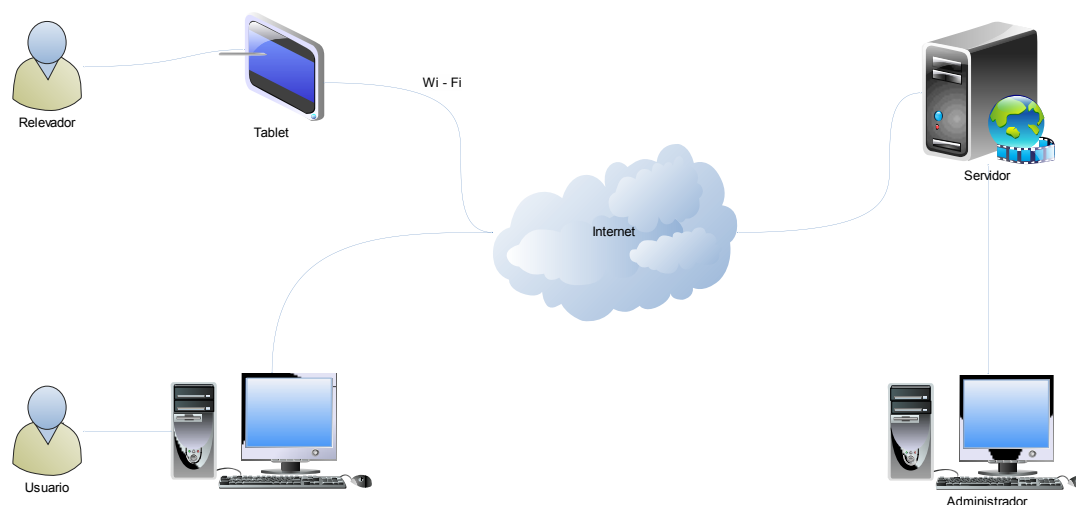
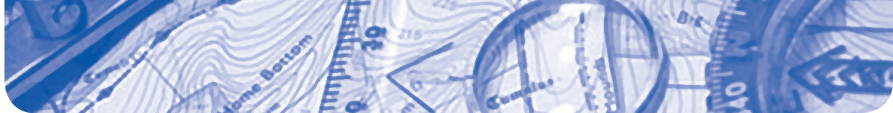


Ilustración 2 Funcionamiento del relevamiento en campo con Tabletas

Automatización: Uno de los procesos más importantes de la ejecución de un catastro es la de Geocodificación predial, que es básicamente la búsqueda del código catastral conforme a los parámetros de INMOBILAR.

El proceso de automatización principalmente se enfoca en realizar una serie de consultas sobre las capas de información geográfica pre-existentes, con el objetivo de obtener información y realizar procesos como por ejemplo la determinación del código catastral o cálculo de áreas medidas, etc., entre los principales procesos encontramos:

- Determinación del código catastral (Geo-Codificación inversa).
- Cálculo de áreas medidas en campo.
- Control de calidad, validación e integridad de información que ingresa a la BDG.
- Asignación de zonas de planificación o administrativas (circuitos, distritos, zonas, etc.).

Para la automatización se utilizó, diseñó e implementó la BDG en PostgreSQL + PostGIS, utilizando un modelo de BDG "Objeto-Relacional" el mismo que nos da versatilidad en el manejo

de la información, así como la automatización de los procesos a través de funciones y funciones disparadores (triggers).

Infraestructura de Datos Espaciales: innovación muy importante dentro de los proceso de catastro, pues es el camino indicado para el manejo de información geográfica dentro de un ambiente altamente estandarizado con proyección a mejorar sustancialmente la interoperabilidad de los datos y de los sistemas que se desarrollan alrededor del catastro, abaratando costos y aumentando productividad.

La realización en sí mismo de las anteriores actividades de innovación ya son parte de una Infraestructura de Datos Espaciales, ahora lo que se realiza es complementar con la implementación de servicios de Mapas, catálogo de metadatos, visor Geográfico, etc.

Dentro de una perspectiva futurista del catastro, la implementación de la IDE permitirá sustentar la aplicación de la tecnología avanzada en procesos de acceso y uso de la información (catastro 2.0), para derivar en conceptos más grandes de gestión de datos y recursos del estado como el Gobierno electrónico y la interacción del usuario con este.

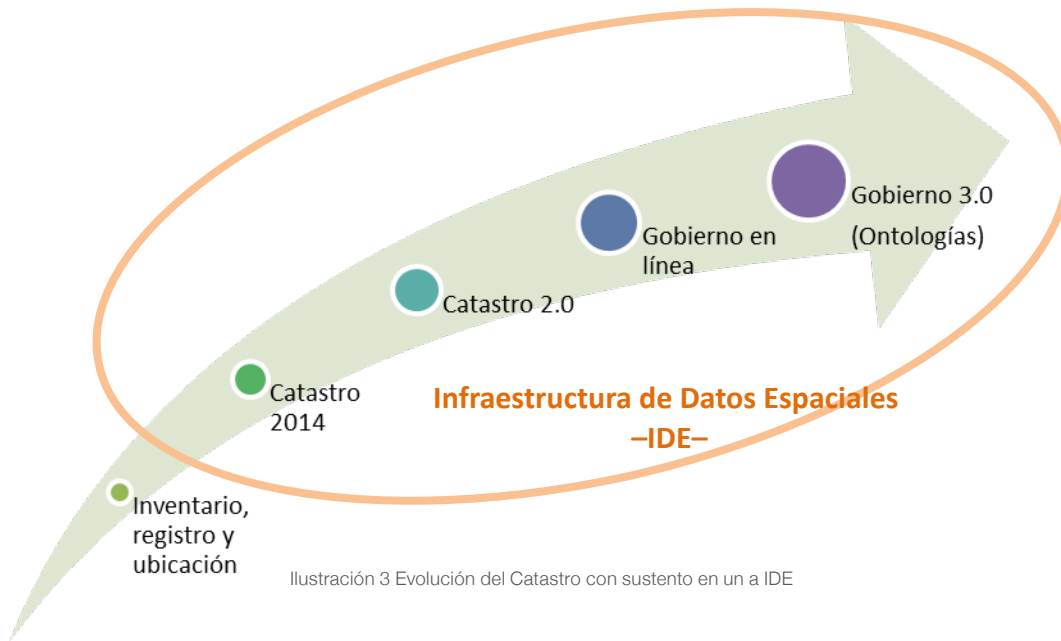
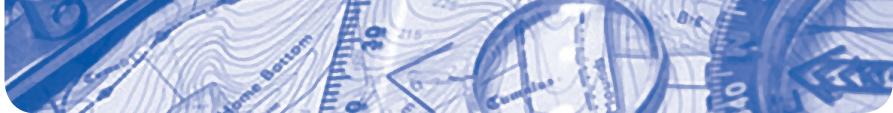


Ilustración 3 Evolución del Catastro con sustento en un a IDE

Resultados

Por tratarse de un proyecto en reciente ejecución, a continuación se presentará los principales resultados esperados:

- Ahorro significativo en tiempo y recurso humano y económico para el levantamiento de la información con la utilización de equipos móviles para el relevamiento de información.
- Bajo impacto al medio ambiente al no utilizar papel en la impresión de fichas catastrales para el relevamiento predial. En este caso específico deberían imprimirse cerca de 25.000 fichas en cartulina para utilizarlas en campo pero al utilizar las tabletas electrónicas esto no es necesario.
- Disminución significativa de errores o incongruencias de información al aplicar metodológicamente el levantamiento de información gráfica de base para luego realizar el relevamiento predial. La condición de una existencia espacial de un predio, previo al inicio de cualquier proceso, evitará errores constantes en catastro como duplicaciones e inexistencias.
- Diseño metodológico optimizado, presentando mejoras principalmente en la gestión de la información, tanto en el ingreso de los datos, desde su toma en campo hasta la obtención de resultados, sean estos digitales o impresos. Contar con una aplicación que solo requiera la selección de una opción en el levantamiento de datos, reduce la posibilidad de error y disminuye el tiempo de toma.
- El tiempo para tener disponible la información, se optimiza, debido a que una vez validados y aprobados por control de calidad, la información correspondiente a cada predio puede ser visualizada desde la base de datos, por todos los usuarios con acceso.
- Finalmente el resultado más importante, esperamos sea los aportes al desarrollo que la Institución pueda realizar, compartiendo las experiencias generadas en este proyecto, documentando las innovaciones de forma que puedan socializarse para que sean aprovechadas por diversos usuarios de nuestro país.



Hacienda La Clementina, levantamiento de Información Básica y Temática como insumo para Procesos de Planificación Territorial

Geog. Rosa Cuesta Molestina Mgtr • rosa.cuesta@mail.igm.gob.ec
Ing. Martha Villagómez Orozco Msc • martha.villagomez@mail.igm.gob.ec
Gestión Geográfica

Resumen

El presente artículo, hace referencia a la generación de información básica y temática de la hacienda “La Clementina” como insumo para la elaboración de la línea base que permitirá iniciar un proceso de micro planificación en la mencionada hacienda, como parte de la Estrategia Territorial Nacional y del Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017 en coordinación interinstitucional SENPLADES-IGM.

Se presenta la metodología empleada para la generación de la información así como los resultados obtenidos posteriores a la respectiva verificación en campo de las variables generadas en gabinete.

Abstract

This article refers about the generation of basic and thematic information in “La Clementina’s farm” as input for the development of the baseline that will be the starting of process to micro planning, as part of the National Spatial Strategy and the National Plan for Good Living 2013-2017; coordinating between SENPLADES-IGM.

The methodology used to generate the information and results obtained are variables cabinet subsequent to its respective field verification.

Introducción

Dentro de un espacio geográfico podemos encontrar un sinnúmero de interrelaciones sociales, ambientales económicas, físicas entre otras, muchas de estas permiten explicar procesos propios de estos espacios ligados a patrones sociales, económicos, productivos que influyen de manera directa sobre el medio ambiente, en este sentido, el levantamiento de la información básica y temática es un insumo indispensable para realizar el análisis de un espacio geográfico. Este tipo de información, permite generar documentos geográficos-cartográficos que ayudan a espacializar y entender las diferentes dinámicas que se pueden encontrar en el territorio.

Geográfico Militar – IGM -, en cumplimiento de su misión continúa generando información cartográfica básica actualizada a diferentes escalas, información que se encuentra disponible para toda la comunidad a través del Geoportal institucional, www.geoportaligm.gob.ec.

La generación de geoinformación, básica y temática, de la hacienda “La Clementina”, a cargo del Instituto Geográfico Militar, es una muestra del compromiso que tiene el IGM con la gestión del territorio, esta información servirá para el proceso de micro planificación de esta hacienda a cargo de la SENPLADES y de otras instituciones del Estado, que utilizarán esta información para establecer la línea base con el fin de apoyar directamente a los campesinos y productores de la mencionada hacienda para mejorar sus condiciones de vida y trabajo, objetivo principal del mencionado estudio.

El Estado ecuatoriano por intermedio de la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo - SENPLADES -, ha impulsado la generación de geoinformación con fines de planificación territorial, a través de las diferentes instituciones del sector público, en este sentido el Instituto

- Generar una ortofoto escala 1: 5 000.
- Generar el levantamiento de información planimétrica base.
- Realizar una caracterización del uso de suelo actual de la Hacienda La Clementina.

Contenido

En coordinación directa con la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, se ejecutó la generación de información básica y temática de la hacienda “La Clementina” ubicada en la provincia de Los Ríos, parroquia La Unión cuyos objetivos principales fueron:

Operacionalización del estudio

A continuación se describe de manera general la metodología empleada para la generación de información básica y temática, así como los limitantes del presente estudio.

Metodología

En primer lugar se realizó la toma de fotografía aérea el día 01 de febrero del 2014, correspondiente a un 53% del área total de la hacienda, obteniendo la ortofoto a escala 1:5.000.

Con este insumo se procedió a la interpretación visual de las unidades de uso del suelo en el software Arc Gis 10.0, realizando una clasificación no supervisada. Esta información procesada fue verificada con el respectivo trabajo en campo, para lo cual se coordinó con la SENPLADES una visita técnica en las instalaciones de la hacienda "La Clementina".

Adicionalmente se recolectaron en esta fase de campo datos socioeconómicos en cuanto a información de población, servicios básicos, complementarios y de producción agropecuaria.

Dentro del área de la hacienda "La Clementina" existe una zona de montaña (correspondiente al bosque protector Gineales-Samana-Mumbes) que no fue tomada debido a las condiciones climáticas de esta época del año. Por lo tanto no se cuenta con información cartográfica de esta área. Se tiene registrado el límite correspondiente a este bosque protector proporcionado por el Ministerio del Ambiente.

La ortofoto fue la base para la generación de la información planimétrica y temática, obteniéndose archivos shape file de cada una de las coberturas.

Se utilizó un navegador GPS para la localización referencial geográfica de varios sitios de interés, así como la obtención de tracking de vías internas.

Fuentes de información

Se utilizó la información generada por el Instituto Geográfico Militar consistente en la ortofotografía a escala 1:5.000, siendo esta la base para la generación de toda la información que fue verificada en campo.

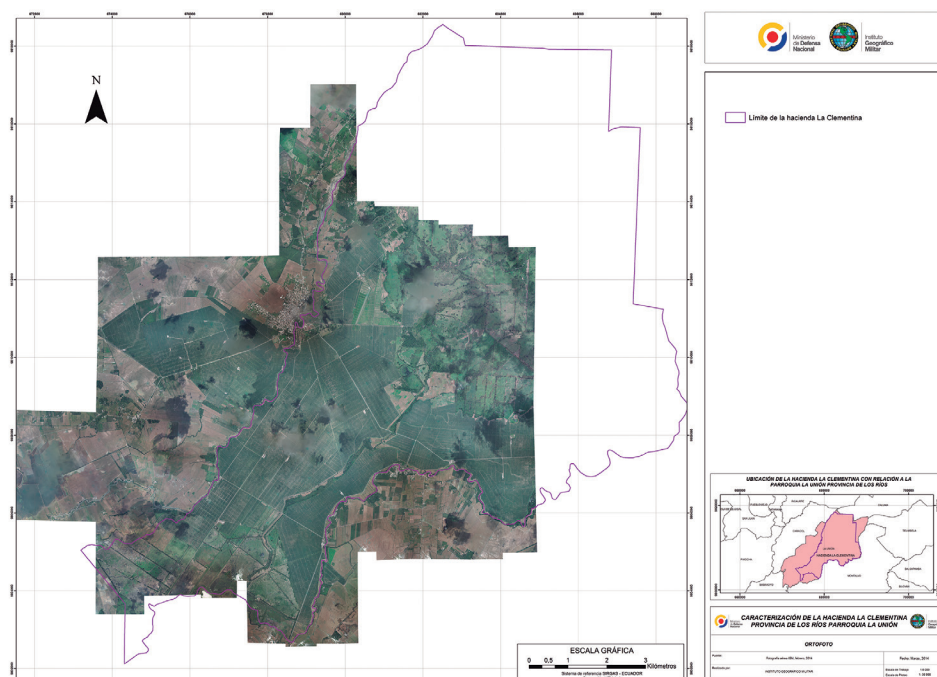
Además se utilizó el límite del bosque protector Gineales-Samana-Mumbes, generado a escala 1:50.000 por el Ministerio del Ambiente.

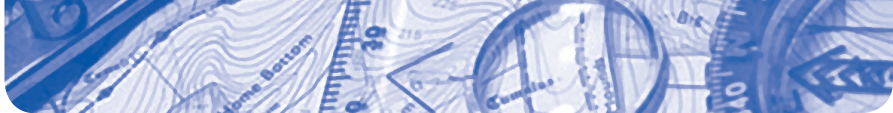
Modelo Geográfico

El modelo geográfico generado está plasmado en un ortofotomapa a escala de trabajo 1: 5.000 e impreso a escala 1: 30.000 con sus respectivas claves de lectura que identifican las diferentes unidades de uso del suelo.

Parámetros técnicos de la fotografía aérea:

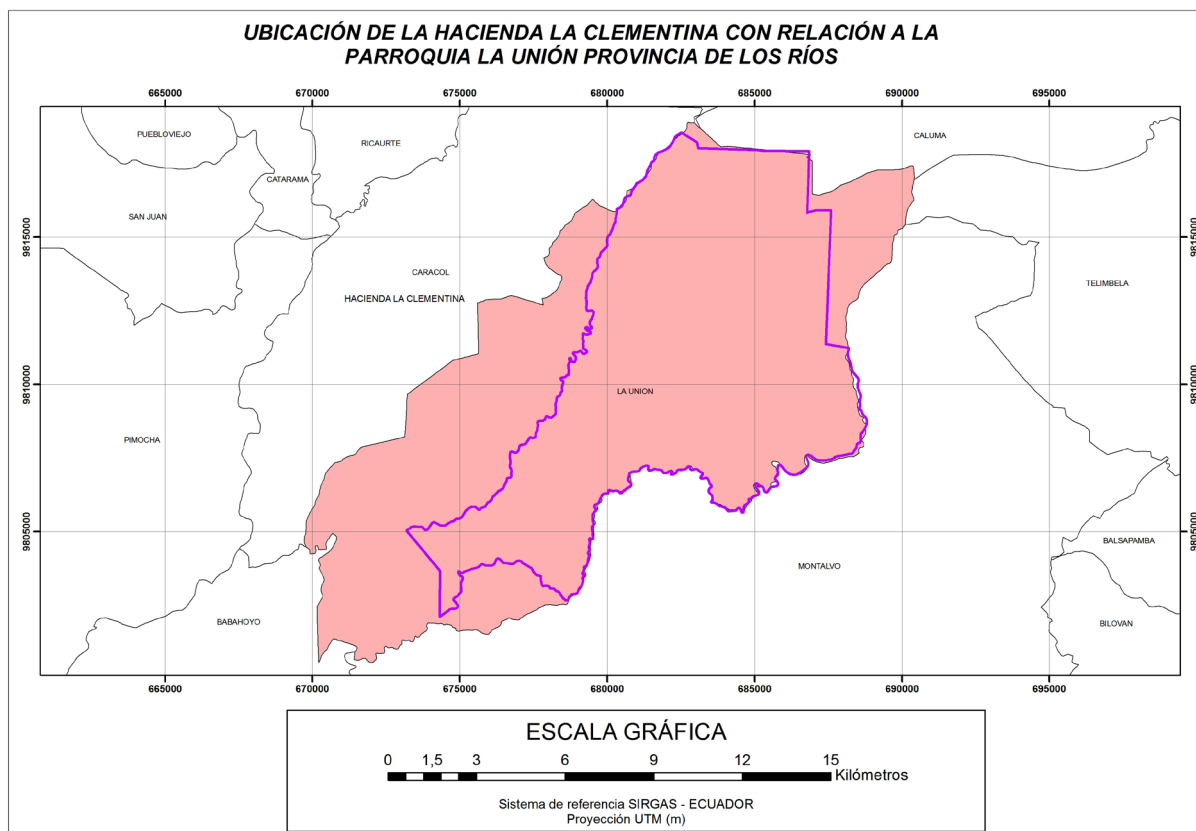
Fecha de toma: 01 de febrero de 2014
Cámara: Ultracam XP
Avión: CESSNA CITATION III
Escala de la ortofoto: 1: 5.000
GSD volado: 7cm
Tamaño pixel: 6 micras





Localización geográfica y características principales de la hacienda La Clementina:

- Provincia: Los Ríos
- Cantón: Babahoyo
- Parroquia: La Unión
- Área: 11 223 Ha aproximadamente
- Perímetro: 66,74 Km aproximadamente
- Porcentaje de bosque protector dentro de la Hacienda: 66% de bosque.



Características socioeconómicas

- Habitantes: 3.100
- Trabajadores: 1.800
- Transporte: existen dos líneas de buses
- Educación: Escuela Tomás Martínez
- Salud: Dispensario Médico Central
- Recreación: Estadio de fútbol
- Servicios complementarios: Cementerio y pista de aterrizaje
- Producción de banano: 100.000 cajas semanales aproximadamente
- Ganado: 8.000 cabezas
- Actividades económicas complementarias: producción de limón, café y teca.

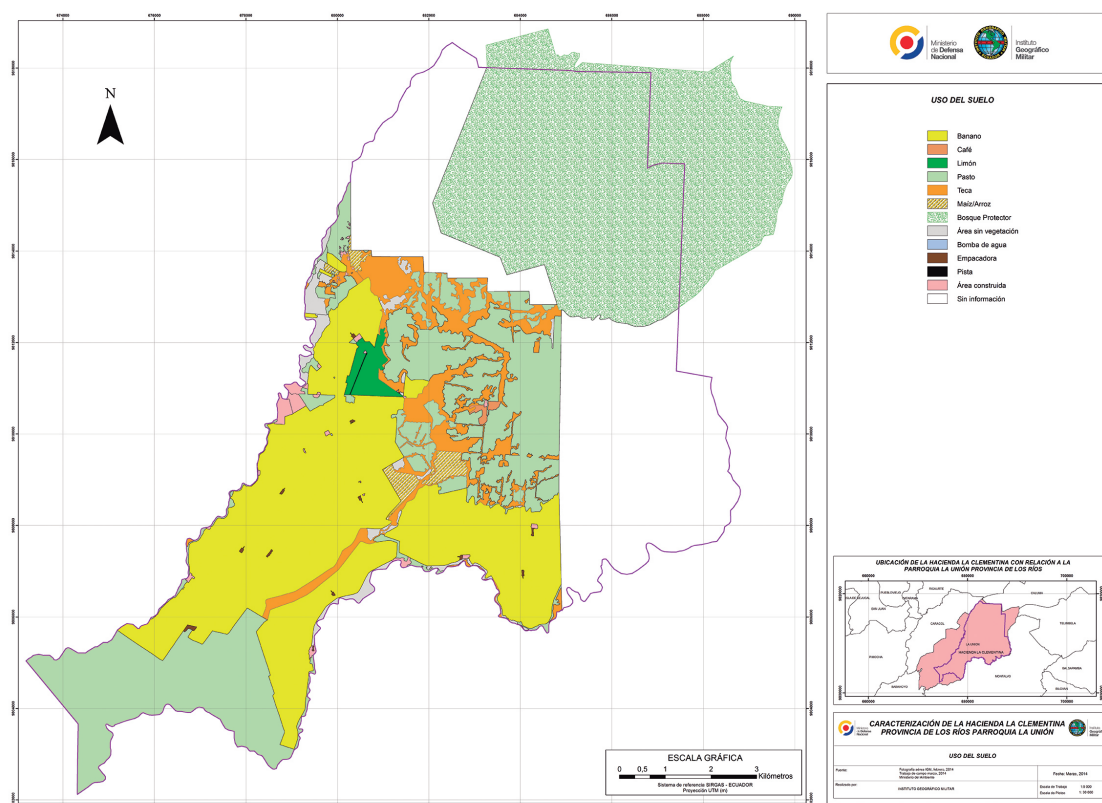
Uso del suelo

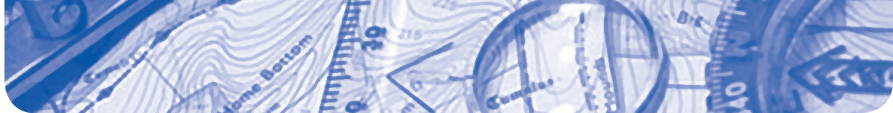
Tipo de cultivo	Área (Ha)	Porcentaje (%)
Banano	2.801	25,1
Café	13	0,1
Limón	91	0,8
Maíz/Arroz	91,8	0,8
Teca	680	6,1
Pasto	2.282	20,5
Bosque protector	2.271	20,4
Área sin vegetación	146	1,3
Área sin información	2.781	24,9
Total	11.156,8	100

Infraestructura

Tipo de infraestructura	Área (Ha)	Porcentaje (%)
Empacadora	8,51	13
Área construida	56,3	85
Bomba de agua	0,43	1
Pista	1,10	2
Total	66,34	100

Nota: El área estimada se refiere a un valor aproximado correspondiente a su área de influencia.

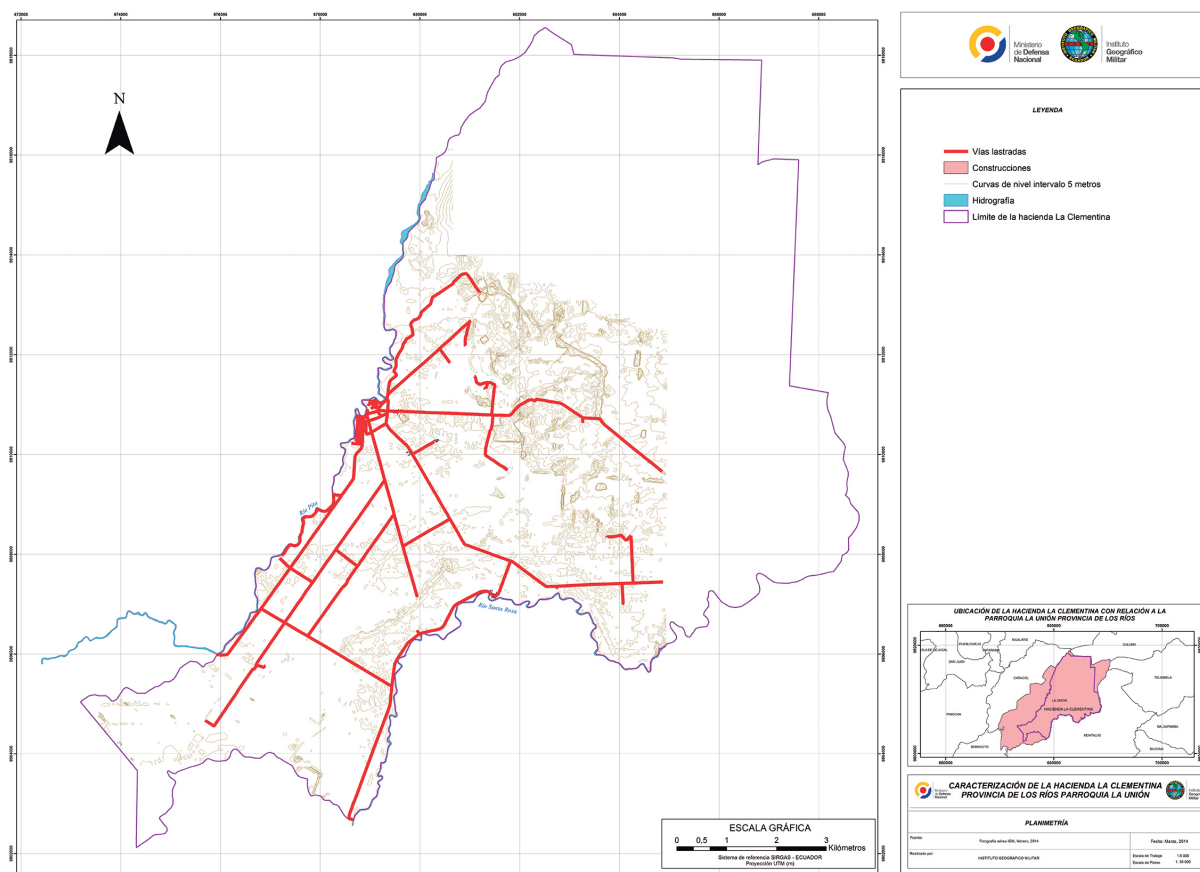




Infraestructura vial

Tipo de infraestructura	Longitud (km)	Porcentaje
Vías internas	64,86	100

Nota: los caminos considerados son lastrados.



Conclusiones

- La información básica y temática actualizada es fundamental para todo proceso de planificación territorial, por lo tanto contar con esta información permitirá espacializar las diferentes variables y plasmar la problemática analizada.
- La metodología empleada en el presente estudio permite obtener información temática de pronta respuesta para la toma de decisiones, sustentada técnicamente.
- Enmarcados en la Estrategia Territorial Nacional y del Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017, es importante destacar la coordinación interinstitucional que permite articular de mejor manera el trabajo técnico desarrollado, respetando las competencias de los organismos involucrados con el fin último de contribuir con el desarrollo y la planificación del territorio para beneficio del país.

Bibliografía

- Pacheco A, Carlos E., Barrios R, Alex G., López H., Juan I. (2007). Comparación de métodos de digitalización para el ingreso de información espacial a los sistemas de información geográfica. Caracas-Venezuela.
- SENPLADES. (2013). Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017. Quito-Ecuador.
- Elizalde Hevia, Antonio. (2003). Planificación estratégica territorial y políticas públicas para el desarrollo local. Santiago de Chile-Chile.

Un software libre para experimentar con las matemáticas y una muestra con geodesia y cartografía

Prof. PhD. Jaime Gutiérrez • jaime.gutierrez@unican.es
Gestión de Investigación y Desarrollo

Resumen

En muchos trabajos de investigación científica es fundamental experimentar con las matemáticas, esos resultados computacionales permiten adivinar, formalizar y demostrar el modelo matemático que resuelva nuestro problema. En este trabajo introducimos el software matemático SAGE, como esa herramienta informática necesaria para obtener esos experimentos. También mostramos algunas de las potencialidades de este software, gratuito y de código abierto, en el campo de ciencias de la tierra.

Abstract

In many scientific research is essential to experiment with mathematics, these computational results allow to conclude, formalize and show the mathematical model that solves our problem. In this paper we introduce the scientific software SAGE, such as computer tool that we needed to get those experiments. We also show some of the potencial applications, of this free and open code software, in the field of geosciences.

Introducción

De todos es conocido que las matemáticas juegan un papel fundamental en el conocimiento de la ciencia en general, y en particular de las ciencias de la tierra. Con el rápido y espectacular crecimiento de los computadores en las últimas décadas, los denominados sistemas de software matemático conforman herramientas imprescindibles para el desarrollo de la ciencia.

El creador de Sage es William Stein (<http://wstein.org/>), profesor de la Universidad de Washington. En palabras de Stein, el principal objetivo de Sage es “creating a viable free open source alternative to Magma, Maple, Mathematica and Matlab” (crear una alternativa libre y de código abierto a Magma, Maple, Mathematica y Matlab).

En la primera sección de este artículo se esbozan las principales características técnicas de SAGE y se ilustran brevemente algunas de ellas.

La segunda sección está dedicada al notebook de Sage, una aplicación para ejecutar Sage desde un navegador web. En esta sección se hace asimismo un rápido repaso de algunas de sus posibilidades de cómputo.

En la tercera sección se muestra el uso de algunas primitivas relacionadas con problemas típicos en geodesia y en cartografía.

Una corta reflexión sobre el uso de este software configura el apartado de conclusiones de este artículo.

1. El sistema SAGE

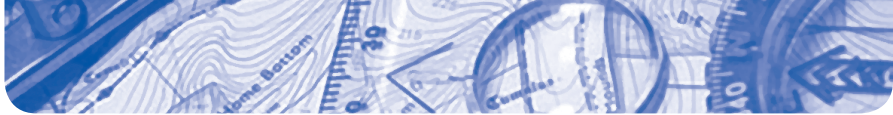
SAGE es un sistema de software matemático catalogado como sistema algebraico computacional (CAS, del inglés computer algebra system), que como se ha indicado en la introducción, es de código abierto, lo que permite al usuario hacer las modificaciones que crea oportunas. Así, por ejemplo, es posible revisar el código si se desea comparar la velocidad de un algoritmo frente a otro distinto, pues toda la información está a la vista. Se puede por tanto adaptar SAGE a nuestras necesidades y desarrollar nuestro propio código dentro del mismo, usando todas sus capacidades.

La accesibilidad a SAGE es total, debida, por un lado, a su gratuidad y por otro, a que puede

usarse en cualquier tipo de computador, ya sea personal, cliente-servidor o supercomputador,

Con un poco más de detalle, SAGE puede ser visto como un compendio de librerías de software matemático y otras librerías útiles. Algunos de los paquetes incluidos en este sistema son:

- Álgebra: GAP, Máxima, Singular
- Aritmética de Precisión Arbitraria: GMP, MPFR, MPFI, NTL
- Cálculo: Máxima, SymPy, GiNaC
- Combinatoria: Symmetrica, Sage-Combinat
- Álgebra Lineal: ATLAS, BLAS, LAPACK, NumPy, LinBox, IML, GSL
- Teoría de Grafos: NetworkX



- Cálculo Numérico: GSL, SciPy, NumPy, ATLAS
- Teoría de Números: PARI/GP, FLINT, NTL
- Estadística: R, SciPy
- Bases de datos: ZODB, Python Pickles, SQLite
- Interfaces gráficas Sage Notebook, jsMath, jQuery
- Gráficos: Matplotlib, Tachyon3d, GD, Jmol
- Lenguaje de programación: Python, Cython

Todas estas librerías se llaman desde un entorno común que usa el lenguaje Python. Python es un lenguaje muy popular, debido entre otros aspectos a que:

- también es de código libre: la comunidad propone y discute la evolución del lenguaje. Esto garantiza que el lenguaje mejora sin dejar de ser útil para tareas de todo tipo.
- la programación está orientada a objetos, existen la especificación de listas por comprensión, generadores, excepciones...

- hay una enorme cantidad de librerías implementando servidores web, conexión con bases de datos, compiladores...
- Hay que añadir además que muchos paquetes científicos escriben interfaces con Python, independientemente de Sage.

2. Cómo interactuar con SAGE

Son dos las formas en las que se puede trabajar con SAGE. Una, usando la terminal; la otra a través de notebook.

En la primera abrimos una terminal y ejecutamos el comando sage. El aspecto del ambiente de ejecución en este caso viene ilustrado por la figura 1.

Sin embargo, la forma más habitual de interactuar con SAGE es a través del notebook. SAGE crea un servidor web que responde a las peticiones de uno o varios clientes. El servidor y el cliente pueden ser la misma máquina, o máquinas distintas. Veamos las peculiaridades de cada uno de los casos.

```

Jaime — python — 97x33

sage: var('x,y')
(x, y)
sage: f=x**2+y**2-1; g=y*2*x-x**2+3; g; f
-x^2 + 2*x*y + 3
x^2 + y^2 - 1
sage: solve([f,g],[x,y])
[[x = -1/5*sqrt(2*I*sqrt(5) + 5)*sqrt(5), y = (sqrt(5) - I)/sqrt(2*I*sqrt(5) + 5)], [x = 1/5*sqrt(2*I*sqrt(5) + 5)*sqrt(5), y = -(sqrt(5) - I)/sqrt(2*I*sqrt(5) + 5)], [x = -1/5*sqrt(-2*I*sqrt(5) + 5)*sqrt(5), y = (sqrt(5) + I)/sqrt(-2*I*sqrt(5) + 5)], [x = 1/5*sqrt(-2*I*sqrt(5) + 5)*sqrt(5), y = -(sqrt(5) + I)/sqrt(-2*I*sqrt(5) + 5)]]
sage: # p is a prime number, k a positive integer (the k most significant bits of
sage: f(t) mod p, t in [0,p-1], where f$ is a univariate polynomial coefficients in Z

File "<ipython console>", line 1
f(t) mod p, t in [Integer(0),p-Integer(1)], where f$ is a univariate polynomial coefficients in Z
^
SyntaxError: invalid syntax

sage: def Constr_matriz(p,k,T,E):
.....:     d=len(T)
.....:     m=len(E)
.....:     A1=(2*(k+1))*p*identity_matrix(d)
.....:     A2=matrix([[2*(k+1)*(T[i]^E[j]) for i in range(d)] for j in range(m)])
.....:     A3=identity_matrix(m)
.....:     M=matrix(d+m)
.....:     M.set_block(0,0,A1)
.....:     M.set_block(d,0,A2)
.....:     M.set_block(d,d,A3)
.....:     return M
.....:
sage:

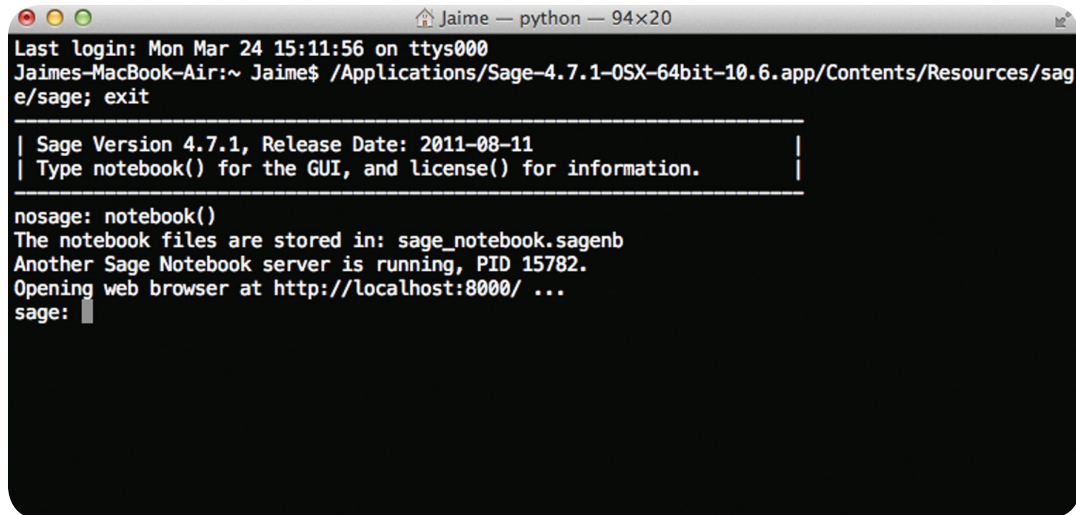
```

Figura 1. SAGE ejecutado desde una terminal

2.1. Una sola máquina como cliente y servidor

En un ordenador con SAGE instalado, ejecutamos el comando `sage` y a continuación el comando `notebook()` sin argumentos dentro de la sesión de SAGE. Ver figura 2.

Al arrancar el servidor de la forma indicada en el párrafo anterior, se abre automáticamente el navegador con el notebook. Esta interfaz presenta cuadros de entrada de código y la salida producida al ejecutar dicho código. Para tener una idea más precisa de esta situación, mirar la figura 3.



```

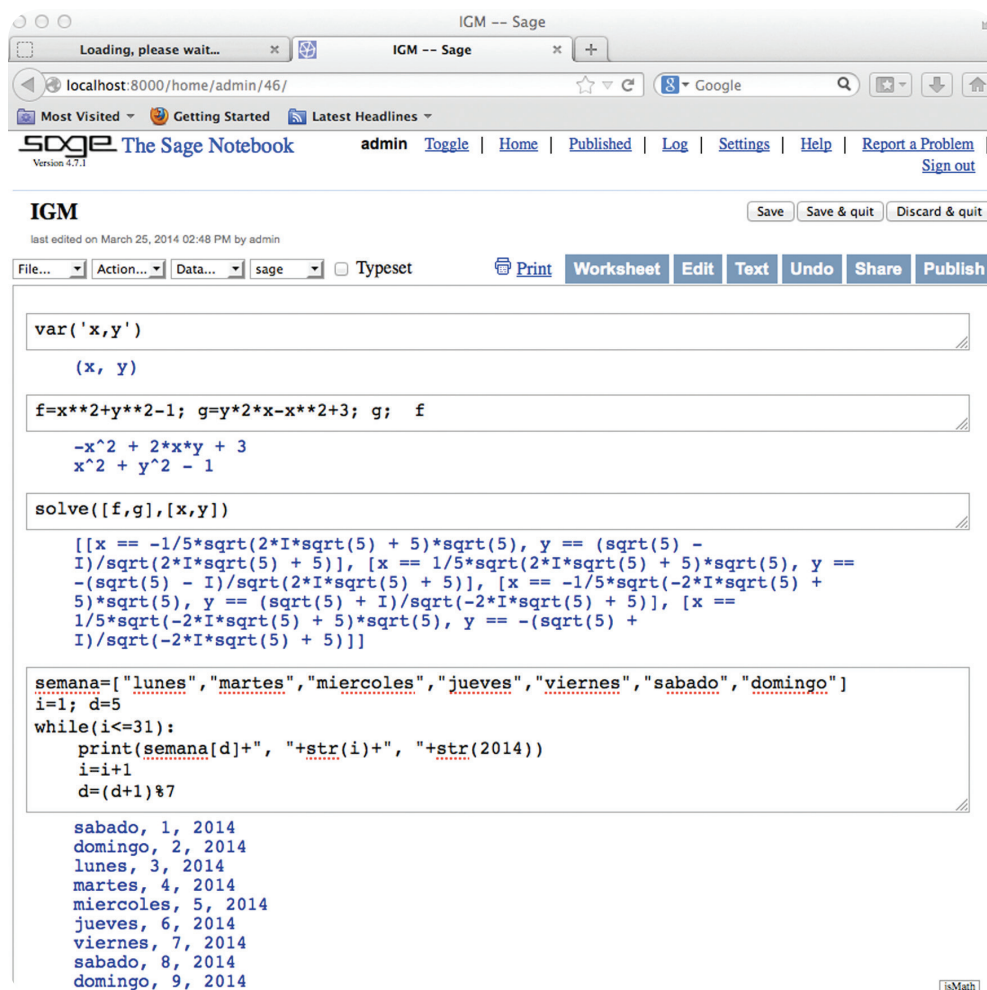
Jaime — python — 94x20
Last login: Mon Mar 24 15:11:56 on ttys000
Jaime-MacBook-Air:~ Jaime$ /Applications/Sage-4.7.1-OSX-64bit-10.6.app/Contents/Resources/sage/sage; exit

| Sage Version 4.7.1, Release Date: 2011-08-11 |
| Type notebook() for the GUI, and license() for information. |

nosage: notebook()
The notebook files are stored in: sage_notebook.sagenb
Another Sage Notebook server is running, PID 15782.
Opening web browser at http://localhost:8000/ ...
sage:

```

Figura 2. Manera de arrancar SAGE para trabajar después desde la interfaz notebook



```

var('x,y')
(x, y)
f=x**2+y**2-1; g=y**2-x**2+3; g; f
-x^2 + 2*x*y + 3
x^2 + y^2 - 1
solve([f,g],[x,y])
[[x == -1/5*sqrt(2*I*sqrt(5) + 5)*sqrt(5), y == (sqrt(5) - I)/sqrt(2*I*sqrt(5) + 5)], [x == 1/5*sqrt(2*I*sqrt(5) + 5)*sqrt(5), y == -(sqrt(5) - I)/sqrt(2*I*sqrt(5) + 5)], [x == -1/5*sqrt(-2*I*sqrt(5) + 5)*sqrt(5), y == (sqrt(5) + I)/sqrt(-2*I*sqrt(5) + 5)], [x == 1/5*sqrt(-2*I*sqrt(5) + 5)*sqrt(5), y == -(sqrt(5) + I)/sqrt(-2*I*sqrt(5) + 5)]]

semana=["lunes","martes","miercoles","jueves","viernes","sabado","domingo"]
i=1; d=5
while(i<=31):
    print(semana[d]+", "+str(i)+", "+str(2014))
    i=i+1
    d=(d+1)%7

sabado, 1, 2014
domingo, 2, 2014
lunes, 3, 2014
martes, 4, 2014
miercoles, 5, 2014
jueves, 6, 2014
viernes, 7, 2014
sabado, 8, 2014
domingo, 9, 2014

```

Figura 3. Trabajando con SAGE en la interfaz notebook

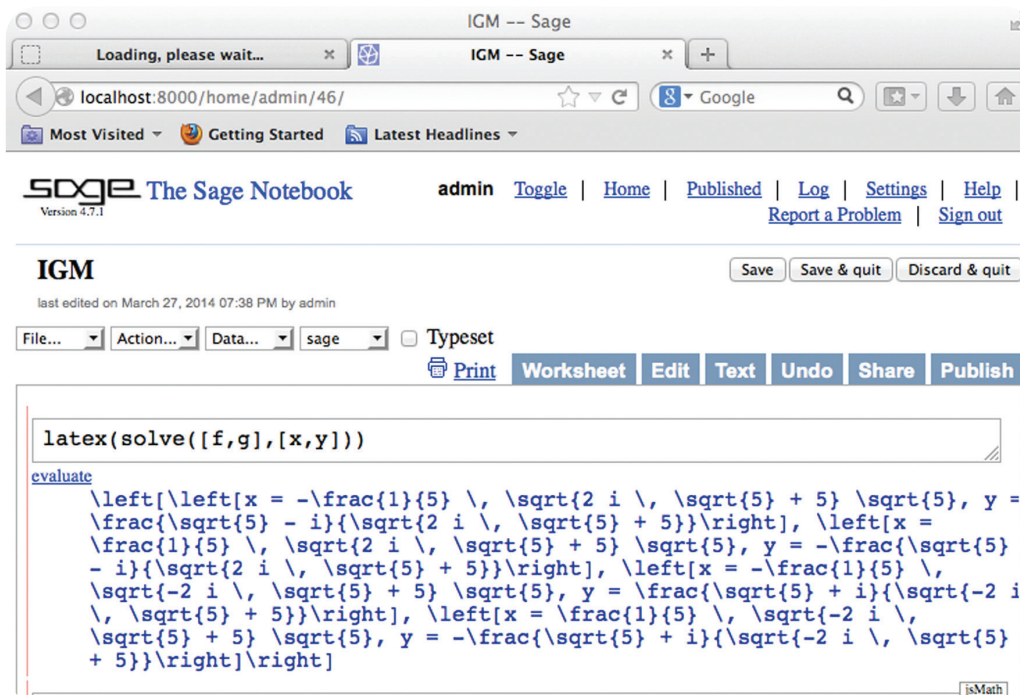
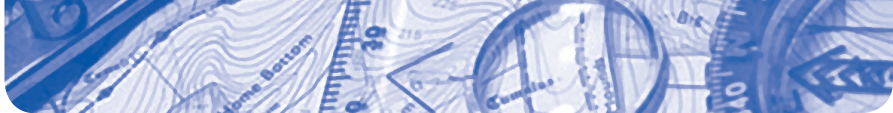


Figura 4. Una de las formas de conseguir el código Latex de una fórmula

Otras particularidades de este sistema son las siguientes:

- Las fórmulas matemáticas quedan compuestas en LaTeX (usando jsmath), lo que permite un traslado inmediato del código fuente a un documento .tex, evitando que haya que escribir de nuevo la fórmula en dicho documento. Ver figura 4.

- Las gráficas se integran dentro del notebook como imágenes, posibilitando una captura sencilla de las mismas así como trasladarlas a algún otro formato deseado.

- Las gráficas 3D interactivas se integran como applets de Java (usando jmol). Ver figura 5.

- También permite crear controles para modificar valores y ver el resultado inmediatamente (usando @interact)

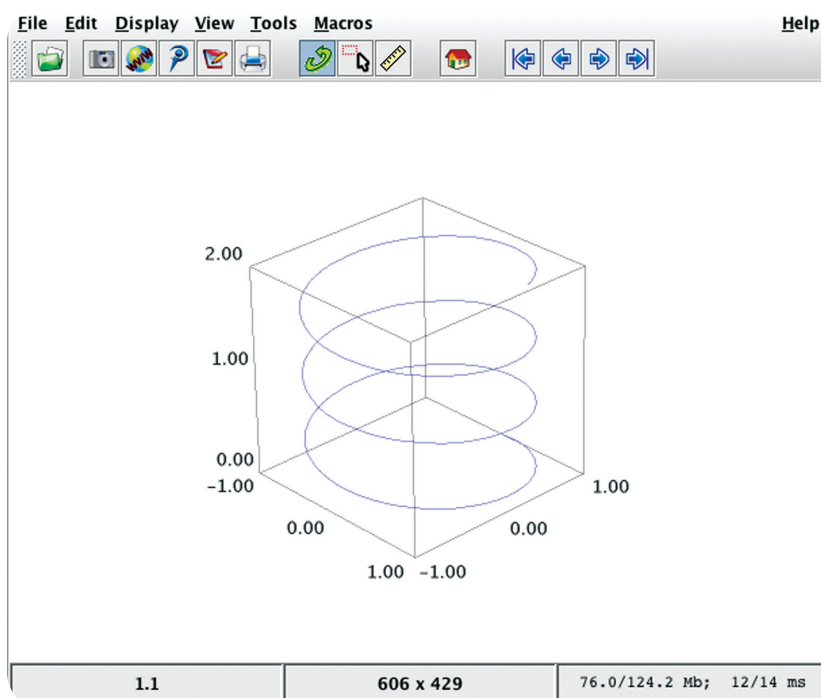


Figura 5. Applet de la gráfica de una función helicoidal. En este caso concreto se ha escrito sage: parametric_plot3d((sin(x), cos(x), x/10), (x, 0, 20)).

2.2. Máquinas distintas para cliente y servidor

Cuando un servidor trabaja para varios clientes, estos pueden compartir su trabajo. Los clientes abren el navegador y escriben la dirección del servidor, seguido del número de puerto de SAGE.

Algunas de las tareas del servidor son:

- Generar páginas web para los clientes, y se

las sirve usando el protocolo http o el protocolo seguro https.

- Realizar los cálculos matemáticos.
- Actualizar las páginas de los clientes cuando termina los cálculos.
- Almacenar las hojas de trabajo (worksheets).
- Recordar la lista de usuarios y permitirles compartir sus worksheets.

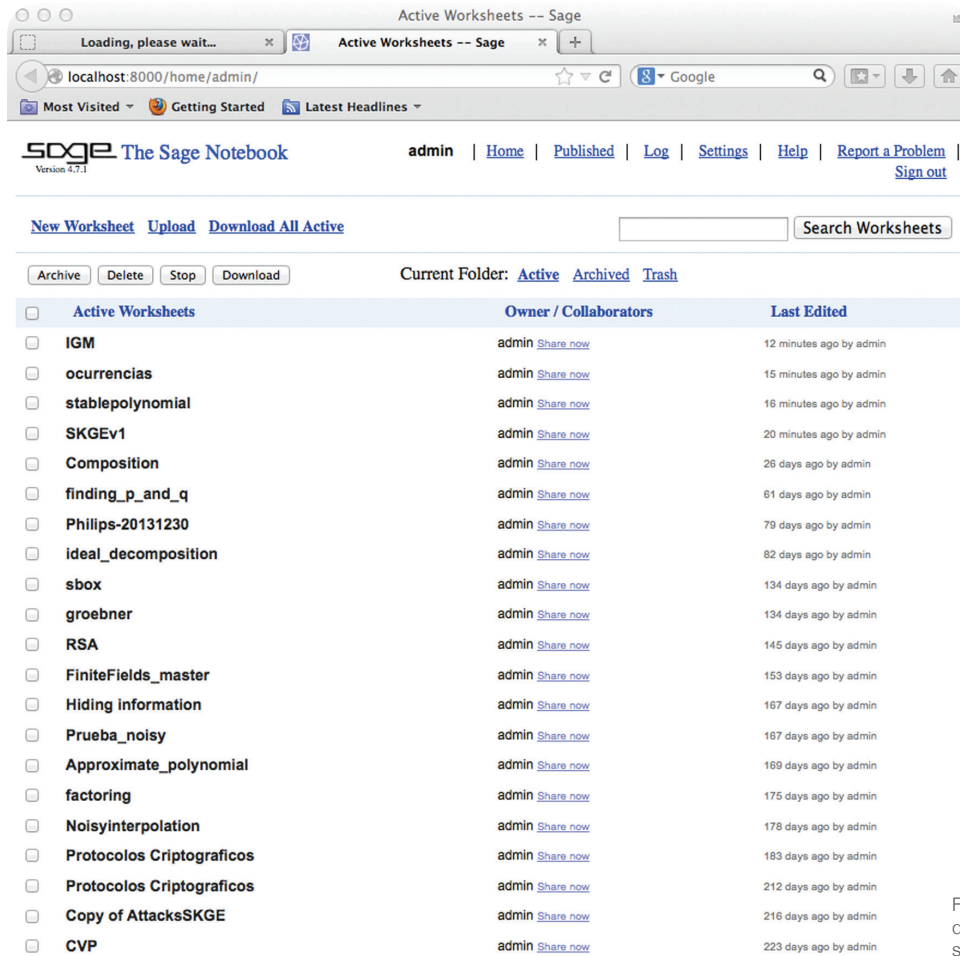


Figura 6. Conjunto de hojas de trabajo utilizadas en una sesión.

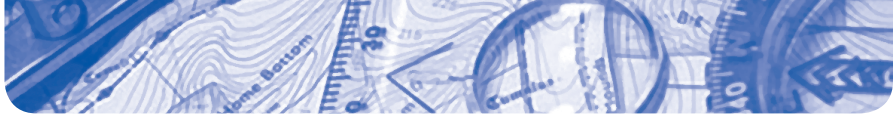
La bondad de algunos programas permite llamar a SAGE desde los mismos, para después recoger la salida e integrarla en el programa correspondiente. Algunos ejemplos de editores de texto con esta capacidad son EMACS (editor de texto plano sage-mode extensible) y TeXmacs (editor WYSIWYG de Sesión de textos matemáticos SAGE). Este último es especialmente interesante porque

- Permite escribir textos de calidad sin necesidad de aprender LaTeX.
- Con un poco de experiencia, permite escribir matemáticas muy rápido.

- Exporta a PDF y LaTeX.
- Permite abrir sesiones de consola de otros programas: Shell de comandos, python, octave, gnuplot y en realidad cualquier programa de consola.

3. SAGE para experimentar en geodesia y cartografía

La potencialidad de SAGE permite abordar casi cualquier problema de los diferentes ámbitos científicos, y en particular de disciplinas tales como la geodesia o la cartografía. Por ello, en esta sección vamos a mostrar un par de ejemplos



de un amplio abanico de posibilidades. Hemos elegido para ello un caso de aplicación del método de los mínimos cuadrados y otro curvas de nivel.

3.1. Método de mínimos cuadrados

Desde su descubrimiento por Gauss y Legendre, el método de los mínimos cuadrados está identificado con los trabajos geodésicos. Perrier en su trabajo *La petite historia de la Géodésie* afirma que la historia del método se confunde con la propia historia de la Geodésia. Actualmente el método está considerado como una técnica dentro del campo de la optimización matemática. Formalmente y restringiéndonos al plano real, se presenta como sigue: dados puntos en el plano real y una familia de funciones, se trata de encontrar la función que sea combinación lineal de elementos de esa familia, que mejor se aproxime a los puntos. Seguramente, la forma con más aplicaciones es minimizar la suma de

cuadrados de las diferencias de las primeras coordenadas, los denominados residuos, entre todos los puntos.

Por ejemplo, supongamos los pares de puntos (xd, yd):

$x_d = [18, 23, 25, 35, 65, 54, 34, 56, 72, 19, 29, 42, 21, 39, 37]$

$y_d = [202, 186, 187, 180, 156, 169, 174, 172, 153, 199, 193, 174, 198, 183, 178]$

Si la familia de funciones son los polinomios de grado arbitrario, una manera de poder establecer la predicción deseada es interpolar todos esos puntos por un polinomio en una variable. SAGE tiene una primitiva para tal fin: `lagrange_polynomial`.

sage:

```
lis=([18,202),(23,186),(25,187),(35,180),(65,156),(54,169),(34,174),(56,172),(72,153),(19,199),(29,193),(42,174),(21,198),(39,183),(37,178)])
```

```
sage: R = PolynomialRing(QQ, 'x')
```

```
sage: f=R.lagrange_polynomial(lis)
```

```
-1320892728725565563543/14674938019321280058902467123200000*x^14 +
5406442259903818073/112589673310735614998484480000*x^13 -
876873466926095103697471/74872132751639183973992179200000*x^12 +
3174955731933376928074046107/1834367252415160007362808390400000*x^11 -
15685645808421296563400500777/90586037156304197894459673600000*x^10 +
758548762258210023533613611077/6114557508050533578760279680000*x^9 -
344019235234421034755954964204061/524104929261474287817945254400000*x^8 +
2811785233146677225472521142039563/107903956024421176903694611200000*x^7 -
11446859083607055602671600561382544383/14674938019321280058902467123200000*
x^6 +
2571378401024558558110084536136991371/146749380193212800589024671232000*x^5
- 5556666812698173843886528286430981607/19107992212657916743362587400000*x^4
+ 7192145196972143940212815029453279221/2079781465323310665944227200000*x^3
- 772544143452641476546918820162400587/27730419537644142212589696000*x^2 +
58513602037702129023682742759551/429849013170327105229875*x -
4276249656550301899479/14046258970480
```

Pero el polinomio obtenido, de grado 14, obviamente no tiene unas propiedades óptimas desde el punto de vista computacional y tampoco desde el punto de vista geométrico. Una opción es considerar funciones lineales. Este célebre método, depara la ecuación de una recta con las siguientes características, a saber: una, que

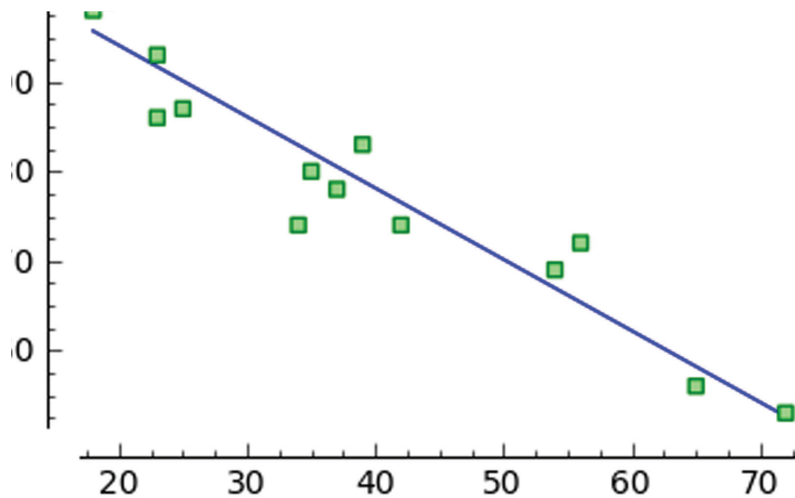
respecto de esa recta, las desviaciones verticales de los puntos iniciales es 0; y dos, que es mínima la suma de los cuadrados de dichas desviaciones. Pues bien, SAGE dispone de una primitiva que efectúa el cálculo de la ecuación de la recta que aproxima por mínimos cuadrados: `lstq`

```

sage:
n=len(x_d)
import numpy.linalg
B=numpy.array(y_d)
A=numpy.array([[x_d[j], 1] for j in range(n)])
X=numpy.linalg.lstsq(A,B)[0]
a=X[0]; b=X[1]
print "Line is: y=",a,"x+",b
var('x')
LineF=plot(a*x+b,(x,min(x_d),max(x_d)))
SP=scatter_plot(zip(x_d,y_d), figsize=4, facecolor="lightgreen", edgecolor="green", markersize=30, marker='s')

```

La recta que mejor aproxima es $-0.797726564933 x + 210.048458424$



Por otro lado, también podemos aproximar por otras funciones, por ejemplo, por polinomios de grado fijo, digamos cuadrático, cúbico,... Es muy fácil realizar programas en SAGE para computar tal polinomio.

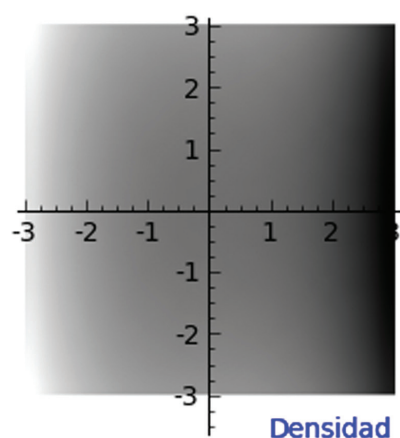
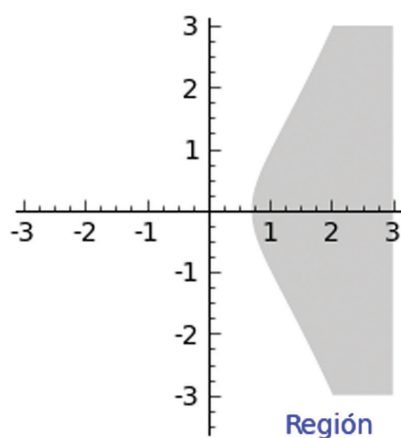
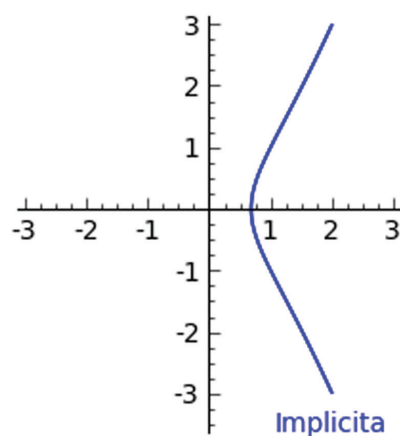
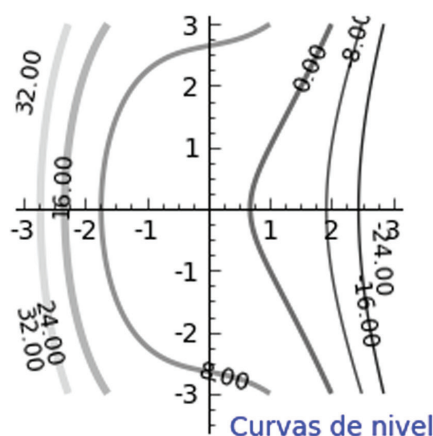
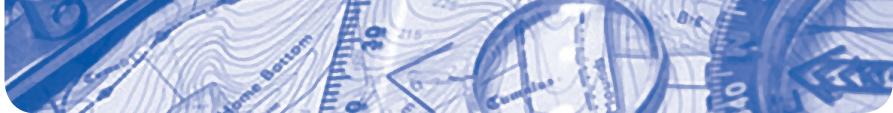
3.2. Curvas de nivel en cartografía

A menudo es importante tener una descripción de la altura de una superficie, y utilizamos las curvas de nivel. SAGE tiene herramientas para describir tales curvas.

```

sage:
var('x, y')
text_coords = (2, -3.5)
cp = contour_plot(y^2 + 1 - x^3 - x, (x, -3, 3), (y, -3, 3),
    contours=8, linewidths=srange(0.5, 4.0, 0.5), fill=False,
    labels=True, label_colors='black', cmap='gray', colorbar=False)
cp += text("Curvas de nivel", text_coords)
ip = implicit_plot(y^2 + 1 - x^3 - x, (x, -3, 3), (y, -3, 3))
ip += text("Implicita", text_coords)
rp = region_plot(y^2 + 1 - x^3 - x < 0, (x, -3, 3), (y, -3, 3),
    incol=(0.8, 0.8, 0.8)) # color is an (R,G,B) tuple
rp += text("Region", text_coords)
dp = density_plot(y^2 + 1 - x^3 - x, (x, -3, 3), (y, -3, 3))
dp += text("Densidad", text_coords)
show(graphics_array([cp, ip, rp, dp], 2, 2), aspect_ratio=1,
    figsize=(6, 6))

```

3.3. Otras aplicaciones

Sin duda en el ámbito de las ciencias de la tierra es imprescindible recrear mediante imágenes situaciones que requieren gráficas en 3D. Para esta tarea SAGE dispone de primitivas que nos permiten reflejar en 3D el comportamiento de funciones que pueden ser introducidas mediante ecuaciones implícitas o bien paramétricas.

De manera complementaria, decir que en el tratamiento digital de imágenes es fundamental el manejo de matrices binarias. En ese sentido, SAGE contiene una excelente librería de álgebra lineal, en particular programas muy eficientes para la manipulación de matrices.

4. Conclusiones

SAGE es una herramienta computacional digna de tener a cuenta para experimentar con varias áreas de Ciencia de la Tierra. Es un software gratuito y de código abierto que se adapta a todas las plataformas (PC, Linux, MacOX, Unix). Es una alternativa real y eficiente a los sistemas comerciales.

Referencias

- Moritz, H. Advanced Physical Geodesy, H. Wichmann Verlag, Karlsruhe 1980
- Perrier, G. La petite histoire de la Géodésie. Paris. Press Universitaires de France, 1939.
- Sage: Open Source Mathematics Software. www.sagemath.org/
- Stein, W. (2009). Mathematical Software and Me: a very personal recollection. <http://modular.math.washington.edu/mathsoftbio/history.pdf>
- The Sage Development Team (2010). Sage Tutorial. Release 4.3.1. <http://sagemath.org/doc-pdf/en/SageTutorial.pdf>

La experiencia de los MOOCs en el I.G.M.

Ing. Luis Alberto Garzón • luis.garzon@mail.igm.gob.ec
Gestión Investigación y Desarrollo

Resumen

Las Infraestructuras de Datos Espaciales, suponen Internet es el mayor repositorio de información a disposición de la humanidad en toda su historia. Actualmente un tercio de la población humana tiene acceso a este recurso y se hace esfuerzos para que el porcentaje aumente. Existen cada vez más aplicaciones que hacen posible el aprovechamiento de la información y una de ellas es la educación en línea que, si además, está estructurada como cursos educativos, es gratis y de acceso libre, entonces se denomina MOOC por sus siglas en inglés (Massive Open Online Courses).

Las mejores y más prestigiosas universidades del mundo participan activamente en esta iniciativa que nació por la inquietud del Instituto Tecnológico de Massachusetts para poner al alcance de todos, los contenidos de sus cursos, cumpliendo el objetivo general de la universidad como institución que es el de difundir la cultura y el conocimiento. Los MOOC es el sueño de los profesores que ahora pueden impartir sus conocimientos a un gran número de alumnos, más que los podrían asistir a sus clases durante toda su vida.

Los cursos dictados en la modalidad MOOC, con cientos de miles de alumnos inscritos, de todas partes del mundo y en diferentes idiomas tratan de poner el conocimiento al alcance de todos como uno de los derechos humanos, el de participar en la cultura.

En el IGM se utilizó el material y la estructura del curso "Pensamiento Científico" dictado por el Dr. Carlos Gershenson de la Universidad Nacional Autónoma de México, disponible en "COURSERA" con la modalidad MOOC, obteniéndose el logro de los objetivos y como experiencia de un nuevo método para lograr capacitación, formación y educación continua para sus funcionarios.

Este tipo de educación tiene sus características propias y problemas, tales como, la autenticidad de los alumnos para permitir la certificación adecuada y el reconocimiento académico de los cursos. Otro obstáculo es lograr rentabilidad del modelo que, actualmente, se logra mayoritariamente por patrocinadores.

La creciente participación de las mejores universidades e institutos hace pensar en que este tipo de educación se consolidará y mejorará con el tiempo con beneficio personal, empresarial e institucional en todos los países del mundo.

Abstract

Internet is the largest repository of information available to mankind throughout history . Currently one third of the human population has access to this resource and efforts were made to increase the percentage . There are more and more applications that enable the use of information and one of them is the online education , if it is also structured as educational courses is free and repositories , then called MOOC for its acronym in English (Massive Open Online Courses) .

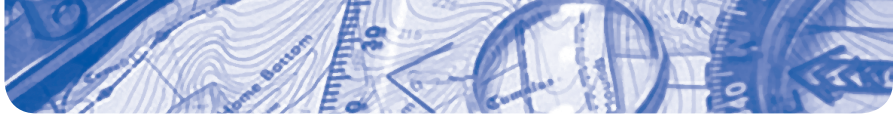
The best and most prestigious universities in the world are actively involved in this initiative launched by the restlessness of the Massachusetts Institute of Technology to make available to all , the contents of their courses , meeting the overall objective of the university as an institution is to spread culture and knowledge. The MOOC is the dream of teachers who can now impart their knowledge to a large number of students , more than could attend classes throughout his life .

The courses taught in the MOOC mode, with hundreds of thousands of students enrolled from all over the world and in different languages try to make knowledge accessible to all as one of human rights , he right to participate in culture.

In the IGM material and structure of the course " Scientific Thought " taught by Dr. Carlos Gershenson at the National Autonomous University of Mexico , available at " Coursera " with MOOC mode was used to give the achievement of goals and experience as a new method to achieve training , continuing education and training for their staff .

This type of education has its own problems , such as the authenticity of students to allow adequate certification and academic recognition of courses features. Another obstacle is to achieve profitability model that currently is mostly achieved by sponsors.

The increasing involvement of the top universities and colleges suggests that this type of education will consolidate and improve over time with personal, business and institutional benefit in all countries.



Introducción

Internet

El extraordinario éxito de la INTERNET, como medio de información y comunicación, a derivado en aplicaciones cada vez más numerosas que van desde la simple busca de datos, la posibilidad de realizar trámites, el comercio electrónico, las comunicaciones directas entre personas, hasta las grandes bases de datos científicas y los servicios de almacenamiento de datos.

Por supuesto, las aplicaciones en el campo educativo, tienen un potencial inmenso en cuanto a la posibilidad de lograr aprendizaje utilizando este medio, siendo uno de los principales ventajas el fácil acceso de los usuarios hacia los contenidos y recursos.

Las objeciones en cuanto al contenido basura o no adecuado en Internet, constituye una amenaza que no justifica ningún tipo de censura o control, que desvirtuaría la esencia de libertad implícita en el modelo, y que puede ser fácilmente evitada ya que “solo se encuentra lo que se busca”.

Educación en línea (on line)

La educación a distancia es una posibilidad de lograr educación académica sin asistir directamente a clases, cosa que puede resultar muy difícil para quienes tienen horarios de trabajo exigentes, o viven en lugares lejanos con respecto

a las universidades, incluso en otros países y continentes. No todas las carreras o disciplinas se pueden tomar “por correo” pero se puede diseñar un curso a distancia que puede resultar tanto o más eficiente que uno presencial.

En esta modalidad se envía el material, por correo u otro medio, al alumno, quien deberá estudiar el contenido, realizar las tareas y rendir exámenes.

Por lo general se mantiene un servicio de tutorías personalizadas y de consultas.

Cuando un alumno toma un curso presencial tiene la ventaja de mantener contacto directo con su profesor, con sus compañeros y con los recursos didácticos del curso y, por ejemplo, puede plantear preguntas directamente pero no puede pedir repeticiones indefinidas de las explicaciones y no todos los alumnos plantean sus preguntas al profesor.

Sin embargo, la educación a distancia también tiene sus ventajas. El alumno no está sujeto a horarios, puede tomar sus clases cuando disponga de tiempo libre, puede atender los videos de las conferencias y repetir las partes que le resulten interesantes o difíciles, suspenderlas en cualquier momento para reflexionar sobre ellas, comprobar la información o repetir la clase las veces que crea necesario.

Contenido

¿Qué es un MOOC ?

MOOC (Massive Open Online Courses) es una derivación de la educación abierta por INTERNET que implica la participación masiva de alumnos, sin restricciones en cuanto a la inscripción ni a las posibilidades de conexión o participación y con un formato de curso regular que incluye clases, tareas, ejercicios y evaluaciones.

Aunque, actualmente, la mayoría de cursos son gratis, no es una condición necesaria. En todo caso se emplea la modalidad de no cobrar por el curso pero sí por la certificación.

Esta modalidad de educación permite tomar un curso de excelencia, ya que las mejores universidades del mundo participan de esta iniciativa. Los cursos son dictados por profesores de mucho prestigio y el nivel de enseñanza, por lo general, es de alta calidad.

Por lo general inscribirse en un curso es muy sencillo. Se debe ingresar al sitio web tal como:

MOOC	URL
COURSERA	https://www.coursera.org
UDACITY	http://www.udacity.com/
ALLVERSITY	http://www.allversity.org/
GYMNASIUM	http://gymnasium.aquent.com/
EDX	https://www.edx.org/
FUTURELEARN	http://futurelearn.com/
FXACADEMY	http://www.fxacademy.com/
IVERSITY	https://iversity.org/
MIRÍADA	https://www.miriadax.net
MOOC-ED	http://www.mooc-ed.org/
OPENLEARNING	https://www.openlearning.com/
UNIVERSIDAD DE STANFORD	http://online.stanford.edu/
UNIVERSARIUM	http://universarium.org/
YOUNICO	http://www.younico.ru/

Tabla1. Sitios de Internet de algunas aplicaciones de los MOOCs.

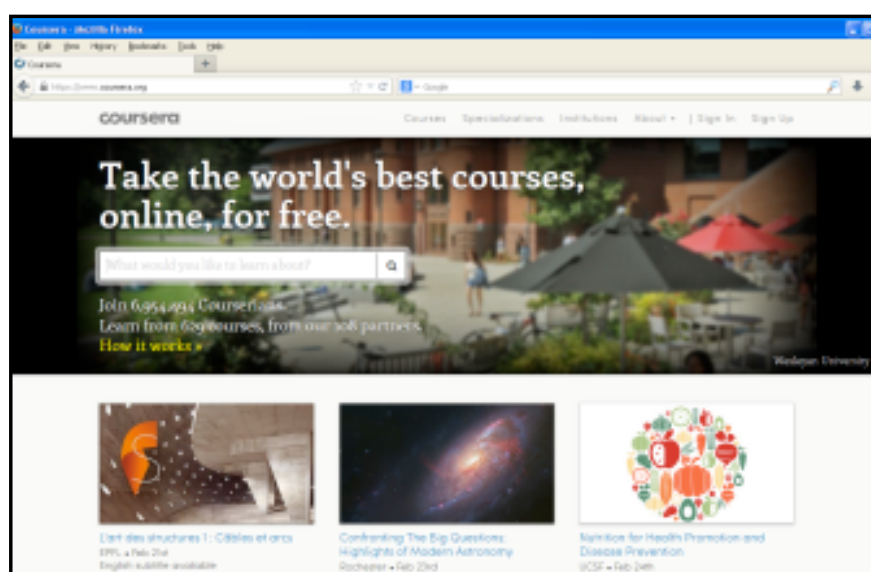
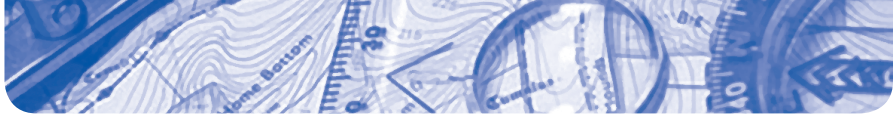


Fig. 1 Portada de Coursera. 1



Se debe crear una cuenta completando los datos requeridos, estableciendo una clave de acceso y aceptando el “Código de Honor” mediante el cual se compromete a utilizar adecuadamente los recursos y observar un comportamiento ético:

Fig. 2 Establecimiento de una cuenta en Coursera. ²

Se puede elegir un curso de la extensa oferta presentada por categorías con gran variedad de materias y temas. Por lo general, cada anuncio de los cursos, presenta una sinopsis del contenido, los profesores y los pre requisitos que a menudo son básicos o alcanzables mediante el cumplimiento de cursos básicos previos también ofertados.

No todos los cursos son gratis pero su costo no puede compararse con sus equivalentes presenciales dictados en las mejores universidades como Harvard o Stanford.

Origen de los MOOCs

En el 2001 el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT – Massachusetts Institute of technology) implementó la apertura libre y gratuita a los materiales de sus cursos de grado y posgrado en una iniciativa denominada “Open Course Ware” - OCW. El acceso a los materiales no genera conocimiento y no constituyen un curso en sí mismo, pero se debe reconocer como los orígenes de la educación en línea. ³⁻⁴

En agosto del 2007 David Hilley creo la primera plataforma que podría considerarse un MOOC en la Universidad Estatal de Utah al presentar un “Curso de educación abierta”.

En el año 2011, Sebastián Thurn y Peter Norving de la Universidad de Stanford presentaron un curso de “Inteligencia artificial” al que se inscribieron 160 000 alumnos dando origen a los cursos online, gratuitos y masivos.

El éxito obtenido impulso la creación de Udacity, Coursera y Edx como organizaciones que ofrecen esta modalidad de educación. ⁵

Actualmente existen muchas iniciativas, incluso en español, que ofrecen cientos de cursos patrocinados por las mejores universidades del mundo, se ha denominado al año 2012 como el del Tsunami de los MOOCs por el nivel de crecimiento. Pese a la críticas recibidas, esta modalidad continúa su desarrollo.

¹ <https://www.coursera.org>

² <https://www.coursera.org>

³ WIKIPEDIA. Open Course Ware.

⁴ MIT OPENCOURSEWARE:SPANISH.

⁵ WIKIPEDIA. MOOC.

	Universidades, Instituciones y patrocinadores
Coursera	Yale, Princeton, Michigan, Penn, UNAM, Universitat Autònoma de Barcelona, Instituto Tecnológico de Monterrey
Edx	Instituto tecnológico de Massachusetts
Khan Academy	Bill y Melinda Gates foundation, Fundacao Leman, The O'Sullivan Foundation, Fundación Carlos Slim, Google, Bank of América, Oracle y otros https://es.khanacademy.org/about/our-supporters
Miríada X	Universidad de Huelva, Universidad de Puerto Rico, Universidad Carlos III, Universidad Tecnológica de Pereira, Universidad CEU San Pablo, Universidad CEU Cardenal Herrera, Universitat de Girona, Universidad Politécnica de Madrid, Universidad de Zaragoza, Universidad Católica de Murcia, Universidad de Salamanca, Universidad de Alcalá, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Universitat Pompeu Fabra, Universidad Politécnica de Cartagena, Universidad San Martín de Porres, Universidad de Ibagué, Universidad Blas Pascal, National University College, Universidad de Alicante, Universidad Politécnica de Valencia, Universidad Europea, Universidad Abierta Para Adultos, Universidad Complutense de Madrid, Universidad de Cantabria, Universidad de Murcia, Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), Universidad Rey Juan Carlos
Udacity	Universidad de Stanford

Tabla 2. Universidades, instituciones y patrocinadores 6

SEI conocimiento como derecho humano

Los derechos humanos no son naturales en sí mismo, sino que deben ser reconocidos, vigilados, ejercidos y defendidos para que tengan vigencia. Por lo general son los estados y países los encargados de hacerlo pero la responsabilidad es de todos.

Entre los derechos reconocidos y aceptados están los que garantizan el acceso “a la cultura” y a la “educación pública y gratuita en todos los niveles de enseñanza”.⁷

El acceso, aprovechamiento y disfrute del conocimiento está amenazado por las dificultades al acceso a los medios educativos ya sea por su elevado costo, el difícil acceso físico desde muchos lugares del mundo y por el limitado número de personas que pueden ser admitidos en las Universidades.

Los MOOCs permiten superar estas dificultades logrando la plena vigencia de este derecho humano, permitiendo alcanzar el “conocimiento para todos”.

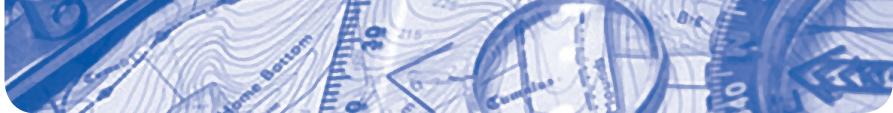
Moscow Institute of Physics and Technology

Moscow Institute of Physics and Technology (known informally as MIPT or Phystech) is one of the world's most prestigious educational and research institutions. It trains highly-qualified specialists in theoretical and applied physics, applied mathematics, informatics, biotechnology and related disciplines. Phystech was founded in 1951 by Nobel Prize laureates Pyotr Kapitsa, Nikolay Semyonov, Lev Landau and Sergey Khristianovich. From the beginning, MIPT has used a unique education system, known commonly as the "Phystech System." The general principles of the Phystech System are rigorous selection of gifted and creative young individuals, extensive education in fundamentals, involvement of leading scientists in students' education, and use of the best research laboratories in the country to conduct education in an atmosphere of research and creative engineering. Among the MIPT alumni are Nobel Prize winners, founders of world-famous companies, well-known cosmonauts, inventors, engineers. All Phystech students and alumni proudly call themselves "phystechs," using the same word with a low-case letter 'p'.

Fig. 3 Instituto de Física y Tecnología de Moscú en COURSERA.
<https://www.coursera.org/mipt>

6 WIKIPEDIA. Massive open online course.

7 WORDPRESS. Derechos Humanos



La misión fundamental de las Universidades y la vocación de los profesores los impulsa a tratar de enseñar al mayor número de personas. Muchas instituciones participan de la educación masiva por el sentimiento altruista que las anima, sin embargo se considera que obtienen cierto tipo de ventajas en cuanto a cuestiones de prestigio, el cobro de certificaciones, el aprovechamiento de los cursos on line como laboratorio de experimentación de nuevas técnicas de enseñanza y otros proyectos de investigación.

Incluso se ha pensado que los cursos, al tener un alcance mundial, sirven como vehículo para la difusión e implantación de la cultura americana y su estilo de vida, permitiendo la "Americanización de la cultura" (McDonaldization of Education).⁸

En todo caso el auge de este tipo de educación parece ser un movimiento sin retorno por la preocupación de muchas instituciones educativas de todas las regiones del mundo que se interesan en participar de esta nueva modalidad, lo que ha elevado la oferta de cursos en todos los idiomas y con gran diversidad de temas. (Coursera anuncia 630 cursos, 108 instituciones y más de 6 millones de alumnos inscritos).

Métodos de uso y certificación

Los cursos ofrecidos se estructuran en base a materiales y tareas enviadas por semanas. Se provee de videos de las conferencias o clases, los ejercicios, los materiales, software necesario, datos y documentos para leer y analizar.

Courses



Sapienza University of Rome
La visione del mondo della Relatività e della
Meccanica Quantistica
with Carlo Cosmelli

Mar 10th 2014
8 weeks long

Fig. 4 Curso de Mecánica cuántica y relatividad, ofrecido en italiano por la Universidad Sapienza de Roma- Coursera.

Por lo general, el material, está en inglés, pero ya se dispone de cursos en otros idiomas, en todo caso, cada video conferencia tiene un archivo de transcripción o subtítulos que pueden fácilmente ser traducidos automáticamente (p.e. Traductor google).

El aprendizaje se alcanza mediante el método activo, se debe cumplir las tareas y las pruebas en los plazos determinados.⁹

La educación mediante los MOOCs se realiza mediante la interacción entre el alumno y la comunidad que sigue el curso. La relación directa alumno – profesor es muy complicada de alcanzar debido al gran número de estudiantes inscritos.

Cada curso, tiene un equipo que atiende las preguntas y comentarios.

La evaluación se hace por medios automáticos y entre pares.

La certificación que se entrega no tiene la validez de un certificado obtenido en los cursos regulares debido al problema de garantizar la autenticidad de la identidad del estudiante. Se ha planteado el uso de cámaras web en la rendición de pruebas, que estas se cumplan en instituciones autorizadas o realizando un seguimiento de las actividades cumplidas en el curso, en todo caso es un tema por resolverse. La certificación tendría un costo y es una de las alternativas para lograr la rentabilidad y sustentabilidad económica del programa.

Eligible For

<input type="checkbox"/> Specialization Certificates	45
<input type="checkbox"/> Verified Certificates	247

Fig.5 Número de cursos verificados y de especialización ofrecidos por COURSERA hasta el 21 de marzo del 2014. 10

8 Aguaded, J.I.; Vazquez-Cano, E. & Sevillano-García, M.L. (2013).

Características del estudiante

Seguir un curso online implica un alto grado de autodisciplina y de genuino interés en el tema ya que se cumple las actividades en función más de aprender que de titularse.

En vista de que el objetivo del estudiante es su propio crecimiento personal, se descarta que haga trampas en los exámenes o en el cumplimiento de tareas. Los cursos son exigentes y demandan mucho tiempo pero constituyen un buen método de educación continua, mejoramiento profesional o como preparación para cursos regulares en las universidades.

Los estudiantes que mejor aprovechan este tipo de educación son graduados con experiencia en autoeducación por lo que se espera curso de posgrado online en esta modalidad.

Utilidad

Aunque la mayoría de estudiantes están en países desarrollados, los más beneficiados son los que viven en regiones aisladas casi sin probabilidades de asistir a una universidad de alto nivel y, dependiendo de su nivel económico, sin

posibilidades de pagar un curso de tan alto nivel que gracias a los MOOCs se ofrece gratis o muy bajo precio cuando se requiere un certificado.

Si las empresas reconocen la validez de los certificados o ellas mismas supervisan los estudios de sus empleados, los MOOCs se convertirían en un poderoso medio de capacitación y mejora laboral a nivel mundial.

Las universidades no reconocen créditos académicos por estos cursos pero, algunas como la Universidad de Stanford, permiten el acceso a sus recursos tales como bibliotecas virtuales, y otros cursos online dictados a nivel interno. En todo caso, debido a la calidad de los cursos, sirven como preparación o complemento de cursos regulares.

Las universidades e instituciones que participan de esta iniciativa se benefician en la investigación de nuevas metodologías de enseñanza, mejoramiento en su prestigio y de sus profesores, cumplimiento de sus objetivos básicos y su presencia a nivel global.

Debido a que la mayoría de los cursos se dictan en diferentes idiomas, también se pueden utilizar para aprendizaje de los mismos.

<input checked="" type="checkbox"/> All Languages	620
<input type="checkbox"/> English	546
<input type="checkbox"/> Chinese	48
<input type="checkbox"/> French	22
<input type="checkbox"/> Spanish	16
<input type="checkbox"/> Russian	13
<input type="checkbox"/> Portuguese	7
<input type="checkbox"/> Ukrainian	4
<input type="checkbox"/> Turkish	3
<input type="checkbox"/> German	2
<input type="checkbox"/> Arabic	1
<input type="checkbox"/> Hebrew	1
<input type="checkbox"/> Italian	1
<input type="checkbox"/> Japanese	1

Fig. 6. Número de cursos por idioma ofrecidos por COURSERA hasta el 21 de marzo del 2014 / 11

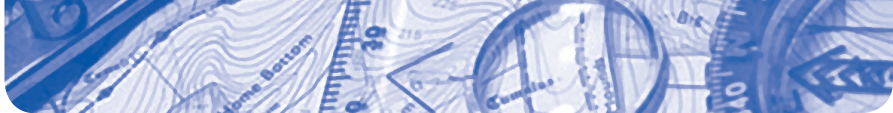


Fig. 7. Curso de "Pensamiento Científico" ofertado en COURSERA 12

Como muchos profesores utilizan el material y los recursos de los MOOCs para sus clases, en este caso también se utilizó el esquema del curso, las video conferencias y las lecturas. Se complementó con material de otras fuentes que se expuso en presentaciones y videos. El objetivo fue que "al final del Curso – Taller "Pensamiento

Pensamiento Científico

May 6th 2013

Universidad Nacional Autónoma de México

Científico" los asistentes tendrán un criterio de lo que significa la investigación científica, la historia de la ciencia y utilizarán los conocimientos adquiridos como una herramienta de trabajo en la evaluación y formulación de Líneas, Programas y Proyectos de investigación científica, que podrían ser implementados en el IGM."

Los temas tratados fueron:

Semana 1:

En busca de la verdad: Una breve historia de la ciencia.

- Edad Antigua
- Edad Media
- Edad Moderna
- Edad Contemporánea

Semana 2:

¿Cuál de todas las verdades es mejor? La ciencia como fenómeno social.

- ¿Qué es la verdad?
- Verdad y contexto
- Verdad y lenguaje
- Verdad, sociedad y cultura
- Verdad y lógica

Semana 3:

¿Cómo llegar a las verdades? Métodos científicos

- Conceptos
- Métodos científicos
- Paradigmas científicos
- Del reduccionismo al holismo
- Creatividad

Semana 4:

¿Qué hago con las verdades? Ciencia en la vida cotidiana.

- Tomando mejores decisiones

Semana 5:

¿Cómo se propagan las verdades (y las mentiras)? Hechos, creencias, opiniones e incertidumbre.

CURSO TALLER "PENSAMIENTO CIENTÍFICO"

Unidad de Gestión de Investigación y Desarrollo

HORARIO: Jueves de 15:00 a 16:30

INICIO: 9 DE MAYO DEL 2013

DURACIÓN: 8 Semanas

MODALIDAD: Conferencias en video, material de trabajo y tareas (COURSERA).

INSTRUCTOR:

Carlos Gershenson

Investigador y Jefe del Departamento
Ciencias de la Computación, IIMAS
Universidad Nacional Autónoma de México



Fig. 8. Curso de "Pensamiento Científico"

Moda
Obesidad y adicciones
Campañas electorales
Mercadotecnia
Pseudociencia

Semana 6:

¿Y si no encuentro una verdad? Más allá de la ciencia.

Los límites de la ciencia
Ética
Estética
Espiritualidad

Se trataron temas adicionales como: Filosofía, Teoría del Conocimiento, Epistemología, Cartografía y Geografía como Ciencia, Modelos matemáticos representativos de la realidad, Computación científica, Análisis de imágenes.

Como trabajo final, los participantes presentaron más de veinte propuestas de proyectos de investigación que podrían cumplirse en el IGM en el marco de sus líneas de investigación y sus competencias.

El uso de este recurso de educación resultó exitoso por lo que se puede afirmar que debería ser asumido como un medio válido de capacitación y educación continua de los funcionarios del IGM y de cualquier otra institución, que podría avalar los certificados ya que se tiene el control y supervisión de las actividades cumplidas.

Problemas y futuro de los MOOCs

En esta modalidad de aprendizaje se puede identificar algunos problemas, tales como que, para seguir los cursos, el alumno debe tener predisposición a aprender por sí mismo y en colaboración con otros alumnos, esto se logra mediante los foros creados por los MOOCs, sin embargo, dada la cantidad de alumnos, no se descarta la participación de intrusos que insultan y dañan el ambiente.

No se conoce el tiempo ni el esfuerzo necesarios para completar el curso, por lo general se anuncia el número de horas semanales que se necesitará dedicar pero este dato es solo referencial ya que las características de los alumnos son muy diversas y heterogéneas.

Existe gran cantidad de alumnos inscritos en los cursos pero relativamente pocos lo terminan.

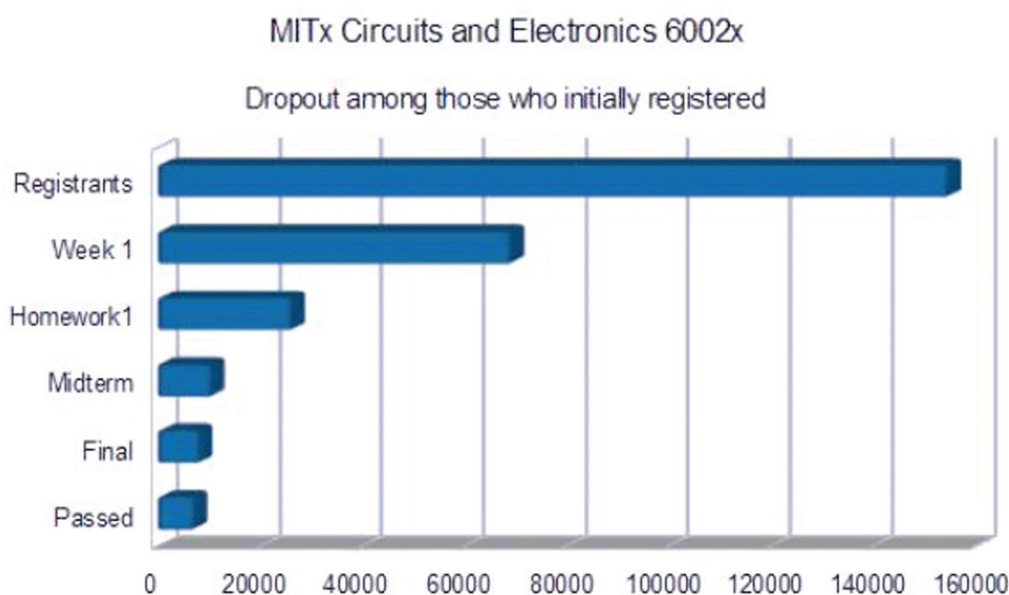
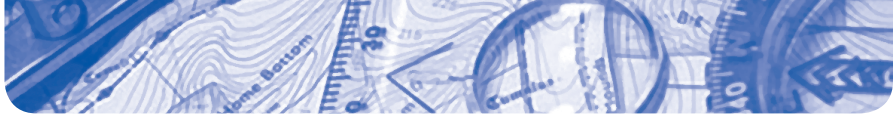


Fig. 9 participación de alumnos en el curso de circuitos electrónicos en la modalidad MOOC. MIT 13



Los cursos no son básicos, sino que exigen ciertos conocimientos o formación previa. Las universidades que ofrecen los cursos no tienen niveles básicos (Stanford, MIT, Oxford...)¹⁴

Algunos cursos ofrecen un diseño pobre, se limitan a presentar una conferencia sin aprovechar los medios audiovisuales.

No está bien definida la rentabilidad del modelo, aunque la creciente participación de universidades de prestigio y alumnos alrededor del mundo indica una tendencia a mantener el modelo.

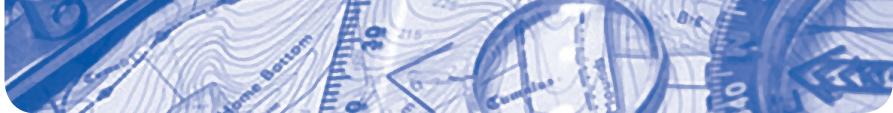
Conclusiones y Recomendaciones

- La enseñanza por cursos on line masiva y abierta, MOOC, está a disposición de todo el mundo sin discriminaciones, sin costos y sin problemas por la distancia a los centros educativos.
- Los objetivos de los estudiantes están orientados más a aprender que a titularse.
- Es posible aprovechar esta modalidad para complementar y enriquecer los cursos regulares que se dictan tanto para capacitación como para formación.
- Los cursos puede imponer un estilo de educación global que afecte a las culturas locales.
- La modalidad está en pleno crecimiento y constituye uno de los mejores y más provechosos usos de Internet.
- Internet ya contiene casi toda la información disponible en el mundo, y con el uso de programas educativos de este estilo se logrará la generación de conocimiento y su aprovechamiento.
- Las empresas, instituciones e individuos, pueden aprovechar este recurso como una forma fácil y económica de lograr capacitación de calidad y educación continua, como se demostró en la aplicación experimentada en el IGM.
- Se recomienda implementar otros cursos para el personal de funcionarios del IGM.

Referencias bibliográficas

- (1)(2)(10)(11) COURSERA. Disponible en Internet en: <https://www.coursera.org> Consulta:24 de marzo del 2014.
- (3) WIKIPEDIA. Open Course Ware. En línea: <http://es.wikipedia.org/wiki/OpenCourseWare>. Consultado el: 24/03/2014
- (4) MIT OPENCOURSEWARE:SPANISH. En línea en: <http://ocw.mit.edu/courses/translated-courses/spanish/>. Consultado el: 24/03/2014
- (5) WIKIPEDIA. MOOC. En línea: <http://es.wikipedia.org/wiki/MOOC>. Consultado el: 24/03/2014
- (6) WIKIPEDIA. Massive open online course. En línea en: http://en.wikipedia.org/wiki/Massive_open_online_course Consultado el: 24/03/2014
- (7) WORDPRESS. Derechos Humanos. En línea: <http://dehumanos.wordpress.com/2007/10/25/cuales-son-los-derechos-humanos/> Consultado el: 24/03/2014
- (8) AGUADED, J.I.; VAZQUEZ-CANO, E. & SEVILLANO-GARCÍA, M.L. (2013). MOOCs, ¿turbocapitalismo de redes o altruismo educativo? Hacia un modelo más sostenible. En SCOPEO INFORME N°2. MOOC: Estado de la situación actual, posibilidades, retos y futuro. Pág. 74-90. En línea en: <http://scopeo.usal.es/wp-content/uploads/2013/06/scopeoi002.pdf> Consultado el 24/03/2014
- (9) COURSERA. En línea:<https://www.coursera.org/courses?orderby=upcoming>. Consultado el 24/03/2014
- (12) COURSERA. En línea:<https://www.coursera.org/account/records>. Consultado el 24/03/2014

- (13) VIZOSO, C.M.(2013). Los M.O.O.C.s un estilo de educación 3.0. En SCOPEO INFORME N°2. MOOC: Estado de la situación actual, posibilidades, retos y futuro. Pág. 239-261. En línea en: <http://scopeo.usal.es/wp-content/uploads/2013/06/scopeoi002.pdf> Consultado el 24/03/2014.
- (14) THE NEW YORK TIMES. Top Universities Test the Online Appel of free. Disponible en Internet en: http://www.nytimes.com/2012/07/18/education/top-universities-test-the-online-appeal-of-free.html?_r=1&. Consulta: 24 de marzo del 2014.
- RESEARCHITY. Exploring Open Research an Open Education. Disponible en Internet en: <http://researchity.net/2012/08/14/what-is-and-what-is-not-a-mooc-a-picture-of-family-resemblance-working-undefinition-moocmooc/>. Consultado el :24 de marzo del 2014.
- UDACITY. Disponible en Internet en: <http://www.udacity.com/>. Consultado el :24 de marzo del 2014.
- ALLVERSITY. Lessons for a good life. Disponible en Internet en: <http://www.allversity.org/>. Consulta:24 de marzo del 2014.
- AQUENT GYMNASIUM. Disponible en Internet en: <http://gymnasium.aquent.com/>. Consultado el:24 de marzo del 2014.
- EDX. Take great online courses from the world's best universities. Disponible en Internet en: <https://www.edx.org/>. Consultado el:24 de marzo del 2014.
- FUTURE LEARN. Learning for life. Disponible en Internet en: <http://futurelearn.com/> . Consultado el:24 de marzo del 2014.
- FX ACADEMY. Watch. Learn. Trade. Disponible en Internet en: <http://www.fxacademy.com/>. Consultado el:24 de marzo del 2014.
- IVERSITY. Education online Free. Disponible en Internet en: <https://iversity.org/>. Consultado el:24 de marzo del 2014.
- MIRÍADA. Disponible en Internet en: <https://www.miriadax.net>. Consultado el:24 de marzo del 2014.
- MOOC-ED. Massive open line courses for educators. NC State University. Disponible en Internet en: <http://www.mooc-ed.org/>. Consultado el:24 de marzo del 2014.
- OPENLEARNING. Disponible en Internet en: <https://www.openlearning.com/>. Consultado el:24 de marzo del 2014.
- STANFORD UNIVERSITY. Stanford on line. Disponible en Internet en: <http://online.stanford.edu/>. Consultado el:24 de marzo del 2014.
- UNIVERSARIUM. Disponible en Internet en: <http://universarium.org/> (En Ruso). Consultado el:24 de marzo del 2014.
- YOUNICO. Disponible en Internet en: <http://www.younico.ru/>. Consultado el:24 de marzo del 2014.
- MOOC LIST. Disponible en Internet en: <http://www.mooc-list.com/>. Consultado el:24 de marzo del 2014.
- SCOPEO. MOOC Estado de la situación actual, posibilidades, retos y futuro. Scopeo Informe No.2 ISSN 1989-8274. En línea en: <http://scopeo.usal.es/wp-content/uploads/2013/06/scopeoi002.pdf> Consultado el 24/03/2014.
- SÁNCHEZ ACOSTA, E. & ESCRIBANO, J.J. (2013). Posibles mejoras en las plataformas MOOC para superar el abismo de incertidumbre: Diseño web adaptativo y E-evaluación. En SCOPEO INFORME N°2. MOOC: Estado de la situación actual, posibilidades, retos y futuro. Pág. 220-237. En línea en: <http://scopeo.usal.es/wp-content/uploads/2013/06/scopeoi002.pdf> Consultado el 24/03/2014.
- PELÁEZ, A.F. & POSADA, M. (2013). Autonomía en Estudiantes de Posgrado que participan en un MOOC. Caso Universidad Pontificia Bolivariana. En SCOPEO INFORME N°2. MOOC: Estado de la situación actual, posibilidades, retos y futuro. Pág. 174-193. En línea en: <http://scopeo.usal.es/wp-content/uploads/2013/06/scopeoi002.pdf> Consultado el 24/03/2014.
- FLORES, J.V.; CAVAZOS, J.; ALCALÁ, F.L. & CHAIREZ, A. L. (2013). Los MOOCs: Una revolución para la transición a la Sociedad del Aprendizaje. En SCOPEO INFORME N°2. MOOC: Estado de la situación actual, posibilidades, retos y futuro. Pág. 92-104. En línea en: <http://scopeo.usal.es/wp-content/uploads/2013/06/scopeoi002.pdf> Consultado el 24/03/2014.



El Desarrollo de Aplicaciones en Documentos Inteligentes (Smartcards), expertiz en el IGM, único en el Ecuador

Ing. Juan Diego Loayza • diego.loayza@mail.igm.gob.ec,
Ing. Luis Garcés • luis.garces@mail.igm.gob.ec
Gestión Seguridad Documentaria

Resumen

El uso de eID's (del inglés Electronic Identity Document), especialmente en el formato de tarjetas electrónicas inteligentes, ofrece ventajas; tanto para la seguridad física, como lógica. Los eID's para cédulas y pasaportes son un vínculo vital en la cadena de confianza, esencial para la seguridad de un sistema de identificación. Ellas proveen seguridad y exactitud en la verificación de la identidad y cuando es combinada con otros sistemas tecnológicos de identificación (tales como certificados biométricos y digitales), pueden aumentar la seguridad del sistema y proteger la privacidad de la información de las personas a nivel nacional y mundial, por lo que los eID's son ampliamente reconocidas como una de las formas más seguras y confiables de identificación electrónica.

Abstract

Use eID's (Electronic Identity Document), especially in the electronic smart card format, provides advantages; for physical and logical security. The eID's for passports and identity cards are a vital link in the chain of trust, essential to the security of an identification system. They provide security and accuracy for the verification of identity and when combined with other technology identification systems (such as biometrics and digital certificates) can increase system security and protect the privacy of information of people nationwide and world, so the eID's are widely recognized as one of the safest and most reliable forms of electronic identification.

Introducción

El Instituto Geográfico Militar ha realizado grandes esfuerzos en fortalecer los conocimientos en el área de desarrollo de aplicaciones para eID's enfocado en sistemas operativos basados en plataforma abierta "Java Card", tecnología que en un inicio estaba orientada a propósitos de asegurar la información sensible en tarjetas inteligentes, actualmente la seguridad está determina por medio de herramientas que permiten implementar algoritmos criptográficos comúnmente utilizados como RSA, AES, DES, 3DES, ECC, etc..., además de permitir servicios como de firma electrónica o generación de llaves, de esta manera usando datos internos, ya sea una llave secreta o una llave pública, la tarjeta comprueba datos redundantes recibidos del mundo exterior y como alternativa, de igual

manera usando datos internos secretos, ya sea una llave secreta o una llave privada, la tarjeta calcula un elemento de datos (suma de verificación o firma digital) y lo envía al exterior. Este mecanismo puede ser utilizado para la protección de datos del portador del eID.

El cifrado de la información se realiza mediante datos internos secretos, como a una llave secreta o una llave privada, la tarjeta puede descifrar un criptograma recibido en un campo de datos. De igual manera, con llaves secreta o llaves pública, la tarjeta cifra un criptograma y lo envía en un campo de datos, posiblemente junto a otros datos. Este mecanismo se utiliza para proveer a un servicio de confidencialidad.

104

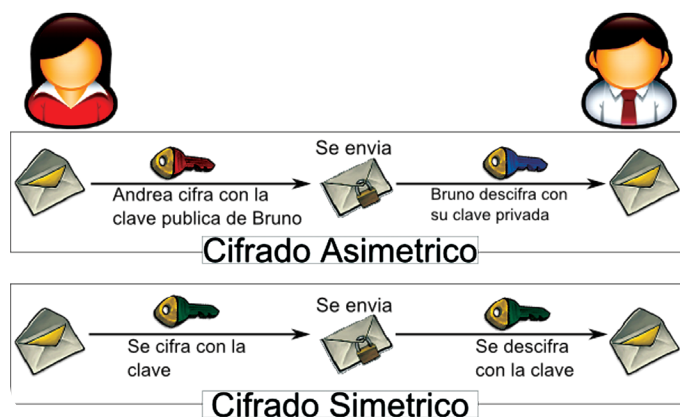


Fig. 1 Criptografía asimétrica y simétrica

Desarrollo de un monedero electrónico seguro

Las soluciones de monederos electrónicos, utiliza las características de seguridad de las tarjetas inteligentes para guardar y procesar las operaciones sobre saldos de dinero digital a partir de un depósito o carga de “dinero” inicial. El prototipo en el que se está trabajando funciona como sistema de pago electrónico, protegido contra ataques sobre confidencialidad e integridad de los datos, ya que éstos se transfieren encriptados desde un procesador embebido en la tarjeta de plástico, el cual es capaz de ejecutar código Java.

Hoy en día una variedad de aplicaciones de comercio electrónico están utilizando las ventajas presentadas con las tarjetas inteligentes, por lo que es necesario implementar mecanismos específicos para la protección de los datos cuardados en la misma y transferidos a través

de una red de computadoras, cabe recalcar que la tarjeta inteligente es parte de todo un sistema en donde se requiere de una infraestructura que garantice la implementación de un protocolo de transacciones seguras.

Por medio de la utilización de la tecnología de tarjetas inteligentes dentro de un protocolo de transacciones electrónicas seguras, se fortalece la seguridad de un sistema de pagos a través de la red por lo que es posible implementar una versión simple del mismo para el desarrollo de un prototipo y de la infraestructura necesaria para efectuar los pagos electrónicos con fines de investigación.

Certificaciones de seguridad

Mediante las certificaciones de seguridad es posible decir con cierto grado de confianza que un hardware o software cumple con una especificación de requisitos de seguridad, así los estados en decisión conjunta concluyen generar un estándar internacional (Common Criteria o ISO/IEC 12408) con la finalidad de que este acuerdo internacional permita avanzar en los objetivos referentes a temas de seguridad de productos TI (tecnologías de la información), para que estos puedan ser utilizados sin la necesidad de mas evaluaciones y aceptados en múltiples países.

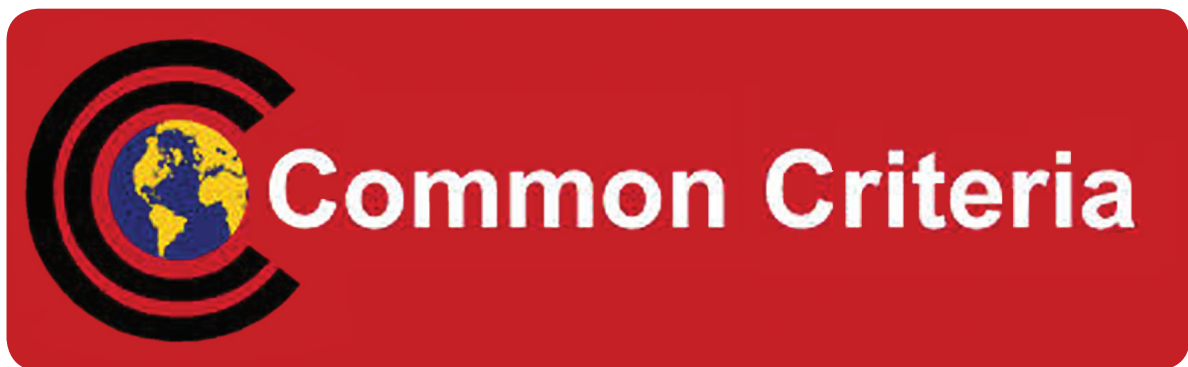
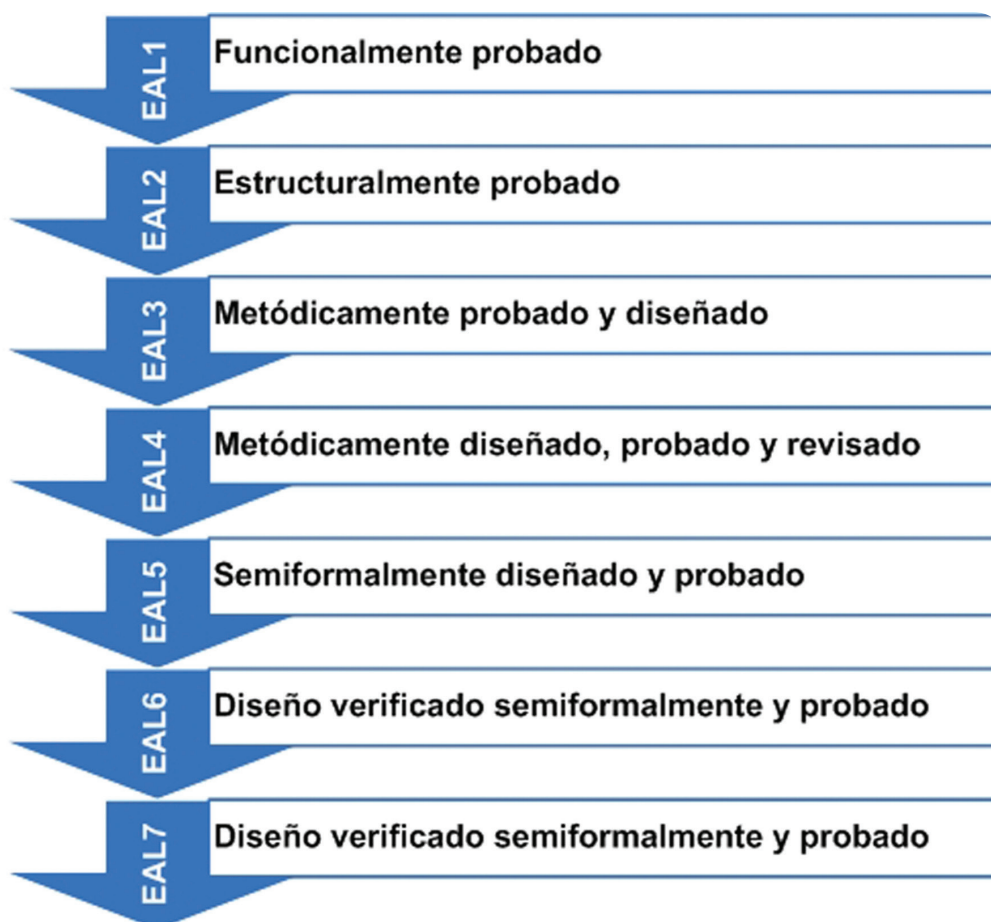
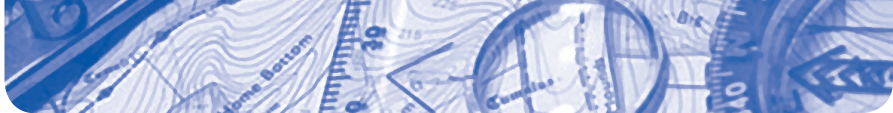


Fig. 2 Common Criteria

Por su parte el IGM utiliza como guía para el desarrollo, evaluación y adquisición de productos TI (Chips para documentos inteligentes y desarrollo de aplicaciones) para el cumplimiento de las funciones de seguridad, la norma especifica los diferentes niveles de garantía según el siguiente diagrama de niveles EAL (del inglés Evaluation Assurance Level – Niveles de Evaluación de seguridad):



Así podemos notar que a mayor EAL, es mayor el esfuerzo a realizar por los evaluadores, así como también la cantidad de documentación a entregar por el fabricante y la garantía de seguridad.

Expertiz en el IGM, único en el Ecuador

En el año de 2005, ante la creciente demanda de documentos de seguridad en sustrato sintético, el IGM inicia una investigación prospectiva para equipar su planta con maquinaria apta para los requisitos de las entidades del estado al momento, y proyectarse a futuros documentos inteligente, que aunque a la fecha no existían en el país, ya estaban siendo usados en el primer mundo como un mecanismo de incrementar seguridad mediante la adhesión de micro controladores en los documentos de identidad (Cédulas y Pasaportes).

La aprobación el proyecto de inversión, así como el conseguir los recursos, demoró hasta 2008, y durante la investigación se denotó la necesidad no solamente de construir el documento, sino el conocer la tecnología para poder desarrollar aplicaciones dentro del Ecuador, ya que a esa fecha nadie en el país tenía un conocimiento cierto de como utilizarla, encontrando que el

obtener este nuevo Know How, era por mucho más complicado que adquirir maquinaria para producir estos documentos.

La tecnología de los documentos inteligentes, choca con dos grandes obstáculos,

- las grandes corporaciones que proveen a nivel mundial estos documentos, para las que el IGM pasaba a ser una COMPETENCIA como proveedor de los mismos, y el celo de su KnowHow adquirido durante años que les asegura un jugoso mercado a nivel mundial.
- El secretismo de esta tecnología, que al ser adquirida como un insumo, puede ser usado en cualquier campo, incluso militar, o ser teóricamente reexportada a países a los que el primer mundo había prohibido su venta legal.

El instituto debió invertir años, en lograr que exista una real transferencia de conocimiento hacia el Ecuador, usando como estrategia, el establecer relaciones de interés con los FABRICANTES de los circuitos electrónicos, que al NO ser los proveedores de documentos, estuvieron mas abiertos a brindar la información técnica del funcionamiento de esta tecnología.

El IGM comenzó con una variedad de estos dispositivos conocidos como CRIPTOMEMORIAS tanto en dispositivos de contacto (SmartCards), como en dispositivos por radio frecuencia (RFID), que tienen todas las funciones de seguridad de un documento, pero un S.O. (Sistema Operativo) limitado a almacenamiento diferenciado.

El siguiente paso, en reales circuitos micro procesados que son en sí un pequeño computador de seguridad, con Sistema Operativo, Aplicaciones programadas y Desarrolladas a partir del S.O., se dió con la necesidad de producir el Pasaporte Electrónico, y posteriormente el Documento Nacional de Identidad (DNI) conocida en el Ecuador como la Cédula.

El desarrollo y uso de aplicaciones en documentos inteligentes requiere entonces conocer:

- El diseño y funcionamiento del circuito de seguridad (Hardware):
- Activación,
- Dispositivos de seguridad,
- Procesador y Coprocesador criptográfico,
- Sistemas de Protección del circuito contra ataques,
- Comunicación
- Diseño de antenas para sistemas por RFID
- Sistemas Operativos para tarjetas
- Propietarios
- Abiertos (JavaCard)
- Construcción de Aplicaciones
- Aplicaciones que siguen estándares,
- Aplicaciones particulares
- Integración del circuito en el esquema de producción, emisión y uso del documento (ciclo de vida).
- Pre-personalización durante la construcción física del documento (a cargo del IGM).
- Personalización de aplicaciones por parte de instituciones que se relacionen directamente con el público y las aplicaciones que contiene el documento inteligente, como:
- MREMH para un Pasaporte electrónico con una aplicación ICAO estándar.
- DIGERCIC para una cédula electrónica.
- Banco Central para uso del documento en Firma electrónica.

Los contados productores de este tipo de circuitos electrónicos dedicados a documentos (NXP, Infineon, ST, Inside Secure, Samsung) tiene la rectoría en el diseño y funcionamiento del circuito, que debe ajustarse a estándares mas o menos similares ya que serán evaluados tanto en operación como en seguridad bajo un mismo criterio (Ej Common Criteria), incluso, deben

poder ser empalados en diferentes equipos de producción, por lo que los productos son físicamente similares, diferenciándose en ciertas características como plus de cada fabricante, por lo que al establecer bases, la totalidad de productores puede ajustarse a los requerimientos de una licitación en el aspecto de HARDWARE.

La decisión del Sistema Operativo es crucial en especial si se pretende generar un valor agregado actual o a futuro, ya que un sistema operativo propietario, deriva en dependencia tecnológica y por ende las aplicaciones también serán propietarias. La decisión obvia, se opta por un sistema operativo abierto, específicamente sobre una plataforma JavaCard.

Un JavaCard tiene sus ventajas y también limitaciones, como ventaja, siguen los estándares abiertos y publicados de JavaCard, y de Global Platform, por los que cualquier tarjeta acepta los mismos comandos permitiendo la transportabilidad teórica de las aplicaciones desarrolladas, de un chip a otro, de un S.O. Java a otro.

Los inconvenientes radican en una menor eficiencia del circuito respecto a un S.O. Propietario, y pequeños diferencias que hace que estos NO cumplan al 100% con toda la especificación ya sea de Java o de Global Platform, que involucra el uso de algún comando propietario, que debe ser conocido cuando se cambie la aplicación de un S.O. a otro.

Si bien las aplicaciones embebidas en la tarjeta, no es una responsabilidad directa del IGM, fue siempre necesario conocer bien como funcionan, como un co-responsable con las instituciones que al fin del día deben entregar el documento personalizado y funcionando al Ciudadano, y la mejor forma de poder a futuro generar un real valor agregado mediante el desarrollo propio de las mismas.

La aplicación más conocida, documentada, estándar que se aplica en estos documentos es la llamada OACI (Organización de aviación civil internacional), para datos de identidad del portador, y que se rige a la publicación conocida como el DOC 9303, gracias a lo cual, TODOS los productores de esta aplicación se rigen a lo que establece este bien detallado documento, tanto para grabación de datos, acceso, lectura, validación etc. ya sea con aplicaciones propietarias o abiertas.



Fig.4 Organización de aviación civil internacional.

El instituto propendió, a través de los procesos de adquisición de bienes, el procurar la transferencia tecnológica de conocimiento tanto del Sistema Operativo como de Aplicaciones embebidas y nuevos desarrollos, usando como estrategia, el que los mismos diseñadores de estos elementos, sean quienes impartan esta capacitación a manera de cursos teórico prácticos, que de otra manera NO existe acceso tanto por carácter de seguridad, como por una razón comercial, en la que se incluyó por la contraparte ecuatoriana, personal del área de las TIC tanto del IGM, y personal de las instituciones que interactúan con estos documentos, como DIGERCIC y MREMH.

El aspecto restrictivo tanto para el acceso al conocimiento de la tecnología, acceso a herramientas de desarrollo especializado que son sumamente controladas, incluyendo simuladores, y herramientas de programación desarrolladas por los fabricantes del Sistema Operativo, conlleva un lento aprendizaje, una considerable inversión tanto en tiempo, lugar de capacitación, selección adecuada de los instructores, evaluación de los cursos, aplicación de esta tecnología en la vida cotidiana de los ciudadanos, infraestructura para su operación y desarrollo desde la fabricación del documento, la emisión, el uso a través de infraestructura creada o modificada, control y funcionalidad de los documentos. Esto ha generado un conocimiento único respecto a esta tecnología, en la que el Instituto ha invertido 5 años como pionero en la producción local de los mismos, lo que se combina con el amplio conocimiento para la fabricación de especies en su planta, para generar un producto innovador y un KnowHow propio en beneficio del país.

El desarrollo de aplicaciones para documentos inteligentes requiere de un conocimiento de programación a bajo y alto nivel así como también de cifrado de datos con algoritmos de llave pública y la creación/verificación de certificados y firma digital, este esfuerzo del IGM para

adentrarse en este tipo de tecnología inteligente, se encuentra enmarcado en lo que actualmente se denomina el cambio de la matriz productiva, en la sustitución selectiva de importaciones, en agregar real valor a los productos elaborados en el país, demostrando la capacidad interna para buscar nuevas alternativas en beneficio del país.

Referencias Bibliográficas

- DOC 9303 (2006). Part 1 - Machine Readable Passports. Volume 1 - Passports with Machine Readable Data Stored in Optical Character Recognition format
- DOC 9303 (2006). Part 1- Machine Readable Passports. Volume 2 - Specifications for Electronically Enabled Passports with Biometric Identification Capability
- DOC 9303 (2006). Part 2 - Machine Readable Visas
- DOC 9303 (2006). Part 3 - Machine Readable Official Travel Documents. Volume 1 - MRtds with Machine Readable Data Stored in Optical Character Recognition Format
- DOC 9303 (2006). Part 3 - Machine Readable Official Travel Documents. Volume 2 - Specifications for Electronically Enabled MRtds with Biometric Identification Capability
- Common Criteria, <http://www.commoncriteriaportal.org/> (visitada 20 de marzo 2014)
- ISO/IEC 14443 parte 1, 2, 3 y 4
- ISO/IEC 7816
- 7816-1: Physical characteristics
- 7816-2: Cards with contacts — Dimensions and location of the contacts
- 7816-3: Cards with contacts — Electrical interface and transmission protocols
- 7816-4: Organization, security and commands for interchange
- 7816-5: Registration of application providers
- 7816-6: Interindustry data elements for interchange
- 7816-7: Interindustry commands for Structured Card Query Language (SCQL)
- 7816-8: Commands for security operations
- 7816-9: Commands for card management
- 7816-10: Electronic signals and answer to reset for synchronous cards
- 7816-11 Personal verification through biometric methods
- 7816-12 Cards with contacts — USB electrical interface and operating procedures
- 7816-13: Commands for application management in multi-application environment
- 7816-15: Cryptographic information application

Avance en la Seguridad Documentaria, en contra de actos fraudulentos

*Ing. Fabricio Galeas Tamayo • fabricio.galeas@mail.igm.gob.ec

**Ing. Paulina Pérez • paulina.perez@mail.igm.gob.ec

*Gestión Seguridad Documentaria ** Gestión Mercadotecnia

Resumen

A nivel mundial son diversas y variadas las prestaciones que proveen los documentos de seguridad, estos permiten dotar a las personas de beneficios de índole civil y económico; incluso dependiendo de su alcance superan las fronteras de los países y permiten la movilidad humana en todos los estratos sociales.

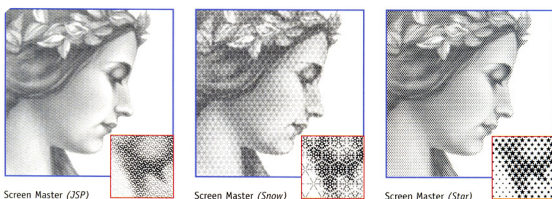
El Instituto Geográfico Militar, ente del sector público a lo largo de su trayectoria institucional, se ha perfeccionado y especializado por medio de la investigación en la aplicación de soluciones especializadas de seguridad documentaria; prueba de ello es la competencia técnica que ha desarrollado y que hoy por hoy se traduce en libretines de pasaportes, cédulas de identidad y varias especies valoradas que son fabricadas en la planta productiva ubicada en el sector "El Dorado" de la ciudad de Quito.

Los retos que se ha trazado el IGM en el ámbito de la seguridad documentaria pretenden alcanzar los mercados internacionales demandantes de este tipo de productos y que orgullosamente el IGM está en plena capacidad de proveer.

Abstract

At the global level are the diverse and varied benefits that provide security documents, these allow people to provide civil and economic benefits of nature; even depending on their reach beyond the borders of countries and allow human mobility in all social strata. The Military Geographic Institute, the public sector entity along its institutional history, has been refined and specialized research through the application of specialized security solutions documentary; proof is the expertise it has developed and which today translates into libretines passports, identity cards and several species valued which are manufactured in production plants located in the area "El Dorado" of the city of Quito.

The challenges that the IGM is plotted in the field of documentary intended to achieve security claimants international markets such products and proudly the IGM is fully capable of providing.



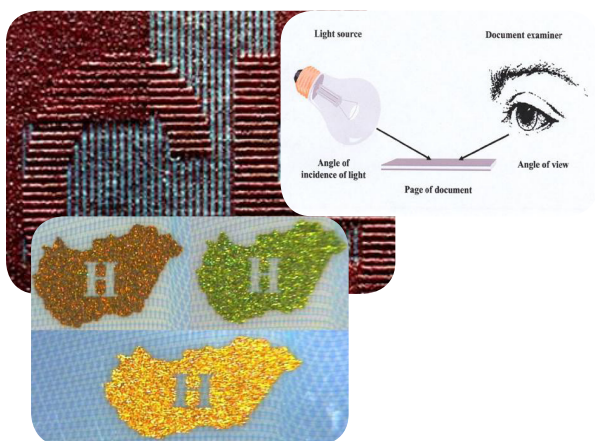
Contenido

Las ciencias y los avances que ha experimentado la humanidad, son el reflejo de la constante evolución que instintivamente es parte de la necesidad por descubrir nuevas cosas; y desde el punto de vista positivo estos avances han sido el aporte al desarrollo de los pueblos, aun así debemos reconocer de igual manera que siempre existirá el abuso negativo de los avances y de las tecnologías que se encuentran a disposición, indistintamente de quienes quieran utilizarlo en forma negativa.

En dicho contexto, estas actividades se relacionan a la investigación aplicada en el ámbito de la seguridad documentaria, los cuales son parte esencial y coadyuvan al manejo económico y social de los habitantes de las naciones, quienes utilizan estos elementos para efectuar el normal desenvolvimiento de las actividades diarias y necesarias que requiere el sector público y privado en nuestro país.



Es así que el medio delictivo que está presente paralelamente a las actividades lícitas en la administración estatal, ha sido el factor que ha determinado alrededor del mundo, que los mecanismos y procesos investigativos para implementar nuevas seguridades en los diferentes documentos como una especie valorada, un documento de identidad (cédula de ciudadanía) o el pasaporte que viabiliza la movilidad humana en el mundo, constantemente evolucionen, aportando con nuevas tecnologías para minimizar los intentos de "FADS" (falsificación, adulteración, duplicación o sustitución) en los mismos.



El Instituto Geográfico Militar, fortaleciendo y cumpliendo las directrices de los diferentes niveles administrativos estatales y del ejército ecuatoriano, en pro del desarrollo de la Matriz Productiva y Defensa del Estado, constantemente desarrolla e implementa nuevas seguridades en los diferentes documentos que son producidos en la Unidad de Gestión Seguridad Documentaria. Actualmente, el área de Pre-prensa, cuenta con un sistema informático y digital, en el que el software "GS Layout Plus" software de última generación, permite la elaboración de diseños únicos de seguridad como los que se encuentran

en diseños monetarios (billetes) y que al ser un aplicativo que solo poseen Casas de Moneda o Bancos Centrales, permite minimizar los intentos de falsificación de grupos delictivos que se dedican a duplicar por otros medios comerciales, los mencionados documentos.

Otros sistemas de seguridad que se han implementado en la Gestión Seguridad Documentaria, son las que permiten la producción de tarjetas plásticas y pasaportes con tecnología electrónica (circuitos integrados - chips), mismas que cuentan con la infraestructura necesaria para incorporar un importante valor agregado en los productos que en ellas se pueden fabricar, mediante el procesamiento de materia prima e incorporación de varios elementos de alta seguridad que cumplen los estándares mundiales en producción tanto de tarjetas como de libretines de pasaportes, en lo referente a normativas de la Organización de Aviación Civil (OACI) e ISO en los procesos productivos.

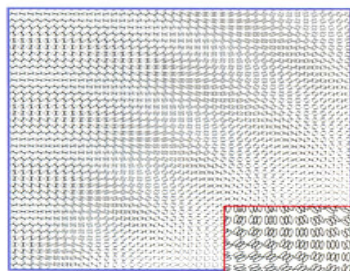
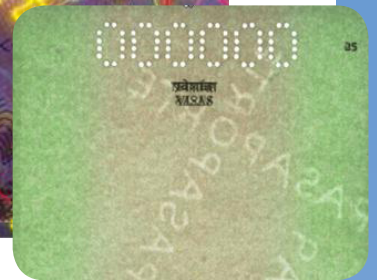


Debido a que el proceso de producción se desarrolla en su totalidad en nuestras instalaciones, existe un mayor control que garantiza la eliminación de cualquier intento de FADS o circulación ilegítima de especies; se descarta la dependencia tecnológica internacional en la provisión de este tipo de productos, por los altos costos y plazos de entrega impuestos por los proveedores internacionales y la utilización y contratación de los productos generados en el Ecuador, protegiendo la salida de divisas y generando fuentes de empleo; además la contratación entre entidades gubernamentales fortalece la Administración Pública y el crecimiento de economías de escala en estas líneas productivas, ya que se prioriza el uso y consumo de los bienes y servicios generados con inversión estatal; recursos que se revierten de forma clara y transparente en el mismo Estado.

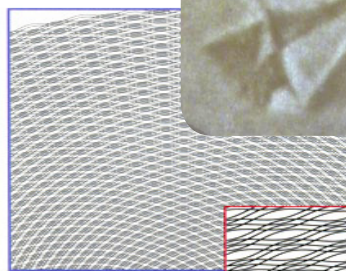




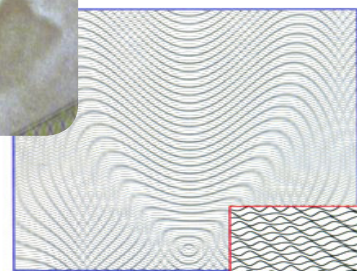
La investigación aplicada ha fortalecido cada una de las actividades productivas desarrolladas en el Instituto Geográfico Militar, en cuanto al diseño y formulación de soluciones de seguridad documentaria que se tangibilizan mediante la implementación de cada una de estas soluciones en los documentos y especies que se elaboran para la administración pública. Esto es el resultado de la aplicación que corresponden a los avances en el campo de la seguridad documentaria.



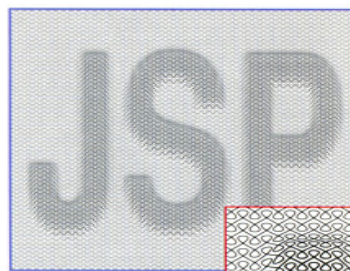
Shape Transformation



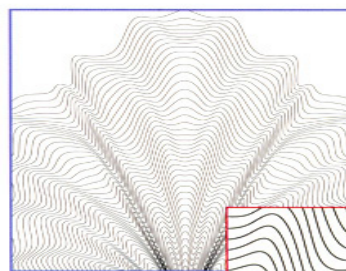
Concentric Background



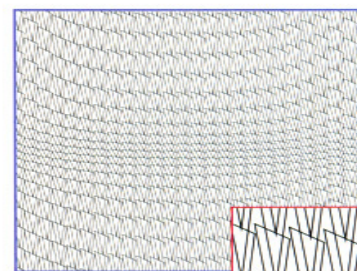
Moiré Controlled Background



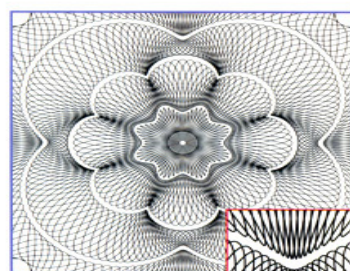
Linewidth Modulation Background



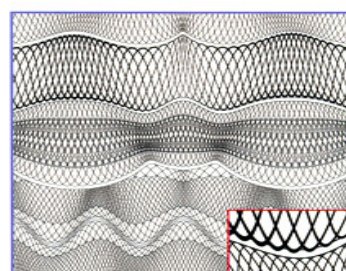
3D Background



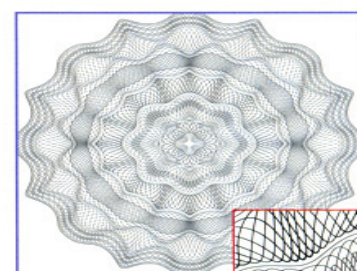
Crystal Background



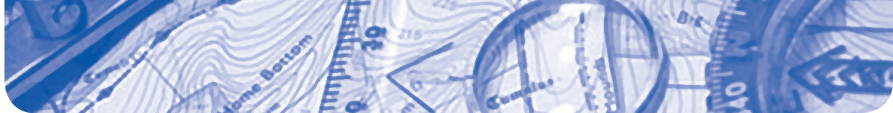
Guilloché Rosette



Guilloché Line



Creative Rosette



La Comunicación Social, su importancia como herramienta innovadora en la Transferencia de Conocimiento Tecnológico y Científico

Lic. Luis Proaño • luis.proano@mail.igm.gob.ec

Ing. Paúl Zalme • paul.zalme@mail.igm.gob.ec

Departamento de Comunicación Social

*“Todos nosotros sabemos algo. Todos nosotros ignoramos algo.
Por eso, aprendemos siempre”. Paulo Freire*

Resumen

La finalidad de este artículo es dar a conocer el grado de importancia que tiene la ciencia, la tecnología y la investigación, así como su interrelación con la comunicación social y su transformación a una herramienta oportuna para lograr una comunicación efectiva y de fácil entendimiento; teniendo como objetivo principal informar los hallazgos técnico-científicos a los diversos sectores: público, privado y la comunidad en general.

La oportuna comunicación entre cada uno de los individuos, depende del lenguaje apropiado que se emplee, partiendo de ésta premisa su codificación se vuelve fácil o difícil, cabe mencionar que en la investigación existe una gran variedad de lenguaje técnico-científico, aplicable y accesible para nuestra sociedad, y que a través de la información gráfica, escrita y audiovisual pueden ser difundidos y transmitidos en beneficio de la comunidad y del país, tomando en cuenta principios de la educomunicación.

Abstract

This article has the purpose to share how important science, technology and research are, and the way they are related to social communication becoming easy and accessible instruments to inform all activities done by the IGM to the entire community.

It depends on the correct use of languages that people find it easy or difficult to code and decode information, and only through this process, they can get effective communication. Furthermore, there is a wide variety of technical and scientific language applied in communication, which with audiovisual and graphic information is spread and transmitted providing benefits to society and the country ruled by educomunication principles.

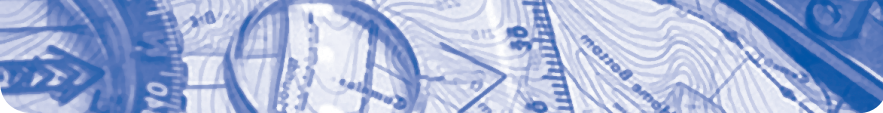
Introducción

La ciencia influye en cada uno de los aspectos de nuestra vida, ámbito profesional, intelectual, de la salud, medio ambiental, de bienestar, por ello es fácil entender el alcance de las nuevas tecnologías y sus aplicaciones en beneficio de un pueblo, país, continente o el mundo en ciertos temas.

cumpliendo proyectos, siendo partícipes en líneas de investigación de las ciencias de la tierra y en seguridad documentaria; en apoyo a la defensa, seguridad y desarrollo nacional, debe constituirse en una tarea diaria porque la época actual lo exige.

Contenido

La actual era del conocimiento y la comunicación obliga a las sociedades a interactuar de manera conjunta mediante las diversas formas que implica las tecnologías de la comunicación e información, llegando al concepto actual que nuestro mundo es una “aldea global”. Actualmente hablar de comunicación es hablar de vasos comunicantes entre varios procesos como el educativo y la transmisión de conocimiento. Los procesos de comunicación son componentes pedagógicos del aprendizaje, como lo indica Paulo Freire y Mario Kaplún.



Para mejor comprensión, estos conceptos se enmarcan en la “educomunicación”, que debe ser entendida en un contexto de cambio cultural que nunca debe terminar, dialéctico, global, interactivo, en la cual todos los componentes de la sociedad, enseñan y aprenden al mismo tiempo, pues son alternativamente emisores y receptores. Esta relación pedagógica se convierte en una situación de aprendizaje compartido entre los que se comunican entre sí y que, al hacerlo, construyen el hecho educativo, cuyo principal objetivo es el de desarrollar un pensamiento crítico ante la situación del mundo y sus mensajes, ayudando además, a dirigir la mirada hacia los principales problemas del mundo.

El desarrollo de las capacidades comunicativas de las personas y de las instituciones para la creación de sus propios mensajes para orientarlas hacia la investigación, creación de nuevas tecnologías, productos, desarrollo de capacidades y transmisión de conocimiento hacia la sociedad, es el reto principal actual, siendo una forma a través de la utilización de estos recursos comunicativos para que, “los destinatarios tomen conciencia de su realidad, para suscitar una reflexión, para generar una discusión” (Una pedagogía de la comunicación, Madrid, Ed. De la torre, 1998, p. 17).

El ser humano es el eje central de todos los procesos porque es quien propone, reflexiona y actúa, ya que la transformación de la persona y las comunidades, se produce en la interacción dialéctica entre las personas y su realidad, así como en el desarrollo de sus capacidades intelectuales y de su conciencia social.

Es importante que los procesos comunicativos que buscan la participación activa de la población tengan una ejecución pedagógica, que no sirva únicamente para impartir conocimiento, sino sea un acto de aprendizaje, reflexión y de actuar mutuo.

Desarrollar o convertir una idea compleja en sencilla o en varias concretas, y poder ofrecer un comentario o crítica constructiva en el ámbito donde se desarrolle la actividad de estudio, requiere el análisis minucioso de qué es lo que se quiere comunicar y cuál es el eje de la temática a tratar para poder otorgar un punto claro, preciso y no erróneo del texto, imagen o audiovisual a publicar. Cuando al fin el producto comunicacional es favorable, éste es difundido por los diferentes medios de comunicación masivos o alternativos según al *target group* que va dirigido y como consecuencia de ello dar a conocer todos los grandes avances que se investigan día a día, tanto en la cartografía como en cualquier otra actividad

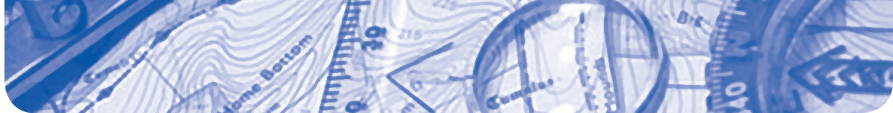
realizada por el IGM. Este proceso comunicacional es el que conecta dicha información a diversos sectores sociales del país, de lo contrario, de nada serviría la comunicación y la información, si todo esto no sucede.

Tenemos que situarnos en un papel de aprendizaje y observación así como el área de Investigación y Desarrollo del IGM está constantemente en una búsqueda de conocimientos y de soluciones a problemas de carácter técnico-científico, de la misma manera la comunicación y su propósito de informar ha dado la importancia de adquirir conocimientos nuevos y relacionados con cada área para saber como transmitir las actividades que realiza la institución, esta difusión nos da oportunidades de crecer tanto científica como socialmente como una entidad dedicada a la generación y elaboración de la cartografía básica del país, así como la oportunidad de aportar a la educación de nuevas generaciones alineados al Plan del Buen vivir del estado ecuatoriano.

Ahora bien, resulta importante eliminar el espacio que separa a los investigadores y a los medios, para poder establecer la comunicación directa entre ellos y la gente para que conozcamos el trabajo que realizan. Sin embargo, como instituto de investigación no podemos dedicar parte de su tiempo para compartir información de interés público, con frecuencia pagan un alto precio profesional. Esto en gran medida se debe, a que este tipo de actividades les roban tiempo de trabajo, y de este modo ponen en peligro su capacidad para competir en su ámbito laboral. Es justamente una de las razones en donde la comunicación social interviene y actúa para dejar que los investigadores hagan lo suyo y la comunicación entre en acción para transferir el conocimiento adquirido y es ahí donde interactúa otro punto importante en las investigaciones la creatividad, la innovación, la capacidad de salirse de la sistematización sin perder el orden característico de los conceptos y procesos comunicacionales óptimos para conectar a la comunidad y llegar a conclusiones claras de una manera más práctica y funcional.

¿Por qué es positivo comunicar la innovación?

Comunicar la innovación es aplicar el conjunto de técnicas de comunicación estratégica a la difusión de la innovación en productos, servicios, procesos, etc. desarrollados en organizaciones, empresas o instituciones con el fin de conseguir su adopción. Innovar la Comunicación es aplicar a la Comunicación como herramienta de gestión nuevas ideas, conceptos y prácticas con la intención de ser útiles para el incremento de la productividad de la misma.



La Comunicación de la innovación, investigación y desarrollo es tarea primordial de todas las instituciones que han apostado por las mismas como estrategia de diferenciación y bienestar de futuro. Difundir los resultados es incuestionable y necesario. Algunos autores incluso se atreven a afirmar que “sin Comunicación no hay Innovación”, partiendo de que una parte básica de la Innovación es comunicarla a los públicos para conseguir que la adopten.

Si además las técnicas de Comunicación aplicadas son innovadoras, estaremos ante la segunda línea de trabajo antes adelantada: Innovar la Comunicación. En los últimos años hemos sido protagonistas de una verdadera revolución de la Comunicación, el uso de la Internet, la digitalización de los contenidos, las redes sociales, formas y procesos de Comunicación han facilitado (y cambiado) este trabajo hasta límites antes insospechados.

Una revolución que incluso está moviendo los cimientos de dogmas hasta ahora difícilmente contestables. Se nos presentan ante nosotros nuevos terrenos en los que trabajar, estudiando las mejores opciones para cosechar los resultados más adecuados a nuestros objetivos. Ignorar las nuevas realidades es dar la espalda precisamente a la Innovación. Y esto, precisamente en Comunicación no lo podemos permitir. Abrirnos a las nuevas tendencias de la ciencia, a los comportamientos de la sociedad de hoy y la del futuro, conocer los nuevos patrones y generar iniciativas que permitan adecuarnos a ellos, innovar en contenidos y mensajes, en el canal, en el emisor, en el receptor, en la medición de resultados...Y compartirlo, sobre todo.

Estamos en la era de la sociedad del conocimiento compartido. Y los que apostamos por la Comunicación más todavía.

Referencias Bibliográficas

- Paúl Capriotti, Planificación estratégica de la Imagen Corporativa, 4o EDICIÓN, Febrero de 2013, Edita: IIRP - Instituto de Investigación en Relaciones Públicas (Málaga, España)
- http://www.ite.es/index.php?option=com_content&task=view&id=747&Itemid=37 - Marta Muñoz Fernández
- Joan Costa, Imagen Corporativa en el Siglo XXI, <http://www.cosaslibres.com/leer-online/?title=IMAGEN+CORPORTAVITA+EN+EL+SIGLO+X+I+-+WordPress.com+-+Get+a+...&doc=http%3A%2F%2Fmarketingypublicidadfpcs.files.wordpress.com%2F2010%2F11%2Fjoan-costa-imagen-corporativa.pdf>
- Kaplún, Mario. A la educación por la comunicación. La práctica de la comunicación educativa. Santiago de Chile: UNESCO, 1992
- Paulo Freire, 1995: Pedagogía: diálogo e conflito. São Paulo: Editora Cortez.
- José Luis Piñuel Raigada, Comunicación visual e identidad empresarial, <http://telos.fundaciontelefonica.com/telos/articulolibro.asp?idarticulo=2&rev=54.htm>
- Chaves, Norberto. (2006). El oficio de diseñar, mercado diseño y utopía, Gustavo Gilli. Barcelona.



Herramientas Web para la Enseñanza de la Geografía



PRESENTACIÓN:

Recibir, intercambiar, elaborar y difundir información oficial forma parte del derecho a la información de los ciudadanos y las ciudadanas y se convierte en un gran instrumento de construcción de futuro, fortalecimiento de la identidad, la inclusión y la convivencia; bajo estas premisas se construyó GEOEDUCA, como el espacio de aprendizaje creado por la Gestión Geográfica del Instituto Geográfico Militar del Ecuador a fin de poner a disposición de la comunidad educativa información geográfica – cartográfica que permita descubrir nuestro país y su entorno.

Podrán encontrar información cartográfica - geográfica del Ecuador actualizada, juegos divertidos, notas de interés y espacios destinados a descubrir el maravilloso mundo de la Geografía.

Les invitamos a que formen parte de esta iniciativa, la hagan parte de su aprender diario y se transforme en una herramienta fundamental para el proceso de la enseñanza de la Geografía.

Visítanos
www.geoportaligm.gob.ec



Contenido para:

- Educación Básica
- Bachillerato
- Padres y Docentes



“La educación es el arma más poderosa que puedes usar para cambiar el mundo”.

Nelson Mandela

www.igm.gob.ec
www.geoportaligm.gob.ec



I N S T I T U T O
Geográfico Militar 
www.igm.gob.ec
www.geoportaligm.gob.ec

Quito: Av. Seniergues E4-676 y Gral. T. Paz y Miño • El Dorado
Apartado 17-01-2435
e-mail: igm@mail.igm.gob.ec
• Fax: (593 2) 256 9097 • Telfs: (593 2) 397 5100 al 130

Guayaquil: Av. Guillermo Pareja #402, Ciudadela La Garzota
Telf: (04) 224 3909 - 224 2797

Ecuador